

ÍNDICES DE SECA. APLICAÇÃO AO CONTINENTE PORTUGUÊS

Ricardo Granés Tavares Duarte Rosa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor, Luis Alberto Santos Pereira

Jurí:

Presidente: Doutora, Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora Associada, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor, Luis Alberto Santos Pereira, Professor Catedrático, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa

Doutora, Ana Maria Ambrósio Paulo, Professora Adjunta, Escola Superior Agrária de Santarém.

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Luis Santos Pereira a sua constante atenção e actualização sobre a temática que este trabalho aborda e a transmissão desse conhecimento, bem como o seu interesse geral sobre a formação dos seus colaboradores.

No mesmo sentido quero agradecer à Professora Ana Ambrósio Paulo o apoio prestado no esclarecimento de vários assuntos e na disponibilização de material essencial à elaboração desta Tese.

Aos colegas Paula Paredes e Gonçalo Rodrigues um sincero obrigado pela camaradagem e pela disponibilidade em ajudar em qualquer situação.

Finalmente, agradeço à minha família o apoio a todos os níveis, imprescindível perante as dificuldades impostas pela situação actual do ensino superior “público”.

RESUMO

Testou-se o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e dois índices resultantes de modificações naquele introduzidas, uma respeitante à substituição da equação de Thornthwaite para cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) pelo método FAO Penman-Monteith, e outra substituindo o modelo de balanço hídrico do solo e também a ETP que passa a corresponder à ETP de um olival, originando um novo índice: o MedPDSI. Reviu-se o cálculo de um factor para a normalização do índice, a característica climática (K), e calibrou-se o índice para cada localidade analisada. Também se testou o Índice Normalizado de Precipitação (SPI) para as escalas de 9 e 12 meses, comparando-o com as três variantes do PDSI. Os resultados revelaram que a modificação de K melhorou a normalização do PDSI e que a calibração também produziu resultados estatisticamente mais consistentes. Constatou-se que o MedPDSI antecipa a detecção das secas em relação ao PDSI original, quer com ETP Thornthwaite quer com ETP FAO Penman-Monteith, além de classificar mais severamente as secas do que o primeiro. A utilização da escala de 9 meses no SPI é a que melhor se relaciona com o PDSI, uma vez que antecipa claramente o início das secas relativamente à escala de 12 meses.

PALAVRAS CHAVE: Evapotranspiração, Balanço Hídrico do Solo, Característica Climática, Calibração, Índice de seca de Palmer, Índice Normalizado de Precipitação

ABSTRACT

The Palmer Drought Severity Index (PDSI) was tested along with two indices resulting from modifying its original formulation, one concerning the replacement of the Thornthwaite equation to compute potential evapotranspiration (ETP) by the FAO Penman-Monteith method, and the other consisting in replacing the soil water balance model and the ETP computation that passes to correspond to the ETP of an olive orchard, generating a new index: the MedPDSI. A factor for the normalization of the index, the climate characteristic (K), was reviewed and the index was calibrated for each analyzed location. The Standardized Precipitation Index (SPI) for the 9 and 12 month time-scales was also tested and compared with the three variants of the PDSI. The results revealed that the modification of K improved the standardization of the PDSI and that the calibration produced statistically improved results. It was found that the MedPDSI anticipates the initiation of droughts over the original PDSI, either with ETP Thornthwaite or with ETP FAO Penman-Monteith, and tends to classify droughts more severely than the first. The use of 9 month time-scale in the SPI is the one that best relates to the PDSI, since it clearly anticipates the onset of droughts relative to the 12 month scale.

KEYWORDS: Evapotranspiration, Soil Water Balance, Climate Characteristic, Calibration, Palmer Drought Index, Standardized Precipitation Index

EXTENDED ABSTRACT

Drought indices are one of the most important tools to deal with such natural disasters as droughts are, enabling analyses to their spatial and temporal characteristics, for example when associated with techniques like the Principal Component Analyses (PCA) or the Cluster Analyses, their monitoring and at a certain degree their forecast, when using for example, Markov Chains or Log-Linear models to predict drought class transitions. Given the complexity of the drought phenomenon, which gathers several factors such as meteorological, hydrological, geological, biological and even man-made, one of the most interesting drought indices that arises is the Palmer drought Severity Index (PDSI), since along with precipitation it considers other drought determinant variables. The PDSI was developed by Palmer (1965) for the Great Plains of the USA, and it is computed from a sequential soil water balance algorithm, originally performed on a monthly time step. Data required to the computation of the Palmer Index are air temperature, from which potential evapotranspiration (ETP) is derived using the Thornthwaite's equation, precipitation and information on soil water capacity. In this study the PDSI was tested in mainland Portugal along with two other indices that result from modifications of its original formulation, aiming to attenuate some of its shortcomings, one consisting of simply replacing the Thornthwaite equation to compute potential evapotranspiration (ETP) by the FAO Penman-Monteith method, and the other consisting in replacing the soil water balance model and the ETP computation, which passes to correspond to the ETP of an irrigated olive orchard, generating a new index: the MedPDSI. The climate characteristic (K), a weighting factor aimed to the normalization of the index, was reviewed due to some deficiencies on its formulation (Alley, 1984), and the three 'modes' of the PDSI were calibrated for each analyzed location, following the procedure used by Wells et al. (2004) and Ntale and Gan (2003). The Standardized Precipitation Index (SPI), a probabilistic index based on the probability distribution of precipitation, developed by MacKee (1993) for Colorado, USA, was also tested for different climatic conditions in mainland Portugal, using the 9 and 12 month time-scales, and compared with the three 'modes' of the PDSI. The results revealed that the modification of K improved the seasonal standardization of the PDSI, namely by attenuating the decrease of the standard deviation of a precursor index of the PDSI, the moisture anomaly index (z), from winter towards summer. The calibration of the index, which has its basis in establishing the relationship between the accumulated values of z during the driest periods of different durations and those same durations, produced statistically improved results, namely a near-normal distribution of the PDSI dry and wet categories, preventing the PDSI values to reach 'out of the range' values, and producing extreme drought months with an acceptable and coherent frequency. It was found that the MedPDSI anticipates the initiation of droughts over the original PDSI, either with ETP given by the Thornthwaite equation either using the FAO Penman-Monteith method, and tends to classify droughts more severely than the original one when this one uses ETP from the Thornthwaite method. The use of 9 month time-

scale in the SPI was the one that produced results best related with the MedPDSI, original PDSI Thornthwaite and original PDSI FAO-PM, traduced by slightly higher determination coefficients (R^2) than the SPI – 12 month and by a clear anticipation of the onset of droughts relative to the 12 month scale, which, was more consistent with the information given by the three modes of the PDSI. It was also verified that the MedPDSI classify droughts more severely than the SPI-9 and SPI-12, the same happening with the original PDSI FAO-PM and not so obviously with the original PDSI Thornthwaite, producing a higher frequency of the moderate, severe and extreme drought categories than the SPI for both time-scales.

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1 Objectivos.....	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Causas, definições e categorias de seca.....	3
2.1. Índices de Seca	4
2.2.1. Revisão histórica e enquadramento dos índices de seca PDSI e SPI.....	5
2.2.2. O Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI.....	7
2.2.2.1 Aplicações do PDSI	8
2.2.2.2 Limitações e deficiências do PDSI.....	8
2.2.3. O Índice Normalizado de Precipitação (SPI)	10
2.2.4. O Índice de Palmer modificado para condições Mediterrânicas - MedPDSI	11
3. Dados – Análise e Tratamento	12
3.1. Análise e tratamento da qualidade das séries de dados - Metodologias.....	13
3.1.1. Análise de aleatoriedade	13
3.1.2. Verificação da homogeneidade e correcção de séries não homogéneas – Método dos resíduos acumulados.....	16
3.1.3. Preenchimento de valores em falta	19
3.2. Análise e tratamento da qualidade das séries de dados - Resultados	20
3.2.1. Testes de aleatoriedade	20
3.2.2. Verificação da homogeneidade e correcção de séries não homogéneas	21
3.2.3. Preenchimento de valores em falta	23
4. Índices de Seca - Metodologia	25
4.1. Índice Normalizado de Precipitação - SPI.....	25
4.2. Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI	26
4.2.1. Modelo de balanço hídrico do solo	26
4.2.2. Índice de Anomalia de Humidade - z.....	27
4.2.3. Índice de Palmer - PDSI	28
4.2.4. O procedimento de 'Backtracking' ou retrocesso do PDSI	30
4.3. Modificações introduzidas no cálculo do PDSI	32
4.3.1. Um modelo alternativo para o balanço hídrico do solo	32
4.3.2. Evapotranspiração do olival.....	33
4.3.2.1. Coeficientes culturais – a metodologia dos K_c duais	33
4.3.2.2. O coeficiente cultural basal- K_{cb}	34
4.3.2.3. O coeficiente de evaporação do solo - K_e	36
4.3.2.4. Estimação de K_e com dados mensais de precipitação e ET_o	37

5. Resultados	41
5.1. Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI	41
5.1.1. Comparação do balanço hídrico do solo pelos métodos original e MedPDSI	41
5.1.2. Coeficientes Climáticos	46
5.1.3. Característica Climática.....	48
5.1.4. Calibração do PDSI	53
5.1.5. Análise comparativa entre o MedPDSI e o PDSI original ET-Thornthwaite.....	58
5.1.6. Análise comparativa entre o MedPDSI e o PDSI original ET FAO Penman-Monteith.....	63
5.2. Análise comparativa entre o PDSI e o Índice Normalizado de Precipitação - SPI	69
6. Conclusões	74
Referências Bibliográficas	76
Anexos	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1. Estações meteorológicas com dados de precipitação e temperatura, ●, e apenas com precipitação, ▲	13
Fig. 3.2. Precipitação anual em Montalvão (4494) no período 1941-2003.....	21
Fig. 3.3. Evolução temporal dos resíduos acumulados anuais, E_i , para a localidade de Alcácer do Sal.	22
Fig. 3.4. Evolução temporal dos resíduos acumulados E_i em Janeiro para a localidade de Alcácer do Sal: a) previamente à homogeneização; b) posteriormente à homogeneização	23
Fig. 3.5. Evolução temporal dos resíduos acumulados anuais E_i para a localidade de Alcácer do Sal, posteriormente à homogeneização das respectivas séries mensais.	23
Fig.4.1. Valores acumulados do índice de anomalia de humidade, z , durante os períodos mais secos de diferentes durações no Iowa central e oeste do Kansas (Alley, 1984).....	29
Fig. 4.2. Comparação dos valores mensais da ET máxima ou potencial do olival calculados com dados diários e com dados mensais, para as localidades de Évora, Beja, Elvas, Alvalade, Bragança, Vila Real, Viseu e Coimbra.....	40
Fig. 5.1. Séries temporais da evapotranspiração actual ET_a [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite(- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.	41
Fig. 5.2. Séries temporais do armazenamento de água no solo no fim do mês ASW [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite(- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.....	42
Fig. 5.3. Séries temporais da recarga de água no solo [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite(- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.	42
Fig. 5.4. Séries temporais da depleção ou perda de água no solo [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite(- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.	43
Fig. 5.5. Séries temporais do escoamento [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite(- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.	43
Fig. 5.6. Séries temporais de evapotranspiração actual ET_a [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET FAO Penman-Monteith (- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.	45
Fig. 5.7. Séries temporais do armazenamento de água no solo ASW [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET FAO Penman-Monteith (- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.....	46
Fig. 5.8. Relação entre a característica climática média anual ($-25.6 / \sum d$) e a média anual dos desvios padrão mensais dos desvios de humidade d (1/DP), para as 27 estações analisadas.	50

Fig. 5.9. Variação sazonal do desvio padrão (DP) do índice de anomalia de humidade (z), dado como a média, para cada mês do ano, dos DP mensais de z para 13 estações a Sul do Tejo.	52
Fig. 5.10. Relação entre os valores acumulados de z durante os períodos mais secos e mais húmidos de diferentes durações e essas mesmas durações, para cada método: MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, Coimbra.	54
Fig. 5.11. Diagramas de dispersão dos desvios padrão vs. médias mensais dos índices de seca MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, calibrados e não calibrados para as condições climáticas locais.....	56
Fig. 5.12. Séries temporais do MedPDSI quando calibrado localmente para condições meteorológicas extremamente secas e húmidas (—), e sem qualquer calibração, i.e., utilizando a equação original de Palmer (1965) (.....), Faro.	57
Fig. 5.13. Diagramas de extremos e quartis: mínimo (\perp), máximo (\top), 1º quartil, mediana e 3º quartil (\square), relativos à frequência de cada categoria de severidade do PDSI nas 27 localidades analisadas; H são as categorias húmidas, N são condições normais e S são as categorias de seca.	58
Fig. 5.14. Relação entre os valores do MedPDSI e do PDSI original ET-Thornthwaite expressa por regressão linear, com respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação R^2	59
Fig. 5.15. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET-Thornthwaite(.....) para a localidade de Braga.....	60
Fig. 5.16. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET-Thornthwaite(.....) para a localidade de Elvas.	61
Fig. 5.17. Relação entre os valores simultaneamente negativos do MedPDSI e do PDSI original ET-Thornthwaite expressa por regressão linear, para Beja e Alvalade.	62
Fig. 5.18. Frequência das classes de secas produzida pelos índices MedPDSI (■) e PDSI original ET-Thornthwaite (■) para: a) as 27 estações analisadas; b) 13 estações localizadas a Sul do Tejo.	62
Fig. 5.19. Relação entre os valores do MedPDSI e do PDSI original ET FAO Penman Monteith expressa por regressão linear, com respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação R^2	65
Fig. 5.20. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith (.....) para a localidade de Braga.....	66
Fig. 5.21. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith (.....) para a localidade de Elvas.	66
Fig. 5.22. Relação entre os valores simultaneamente negativos do MedPDSI e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith expressa por regressão linear, para Beja e Alvalade.	67
Fig. 5.23. Frequência das classes de secas produzida pelos índices MedPDSI (■) e PDSI original ET FAO Penman-Monteith (■) para: a) as 27 estações analisadas; b) 13 estações localizadas a Sul do Tejo.	67
Fig. 5.24. Relação entre os valores do MedPDSI, PDSI original ET-Thornthwaite e PDSI original ET FAO Penman-Monteith, e os valores do SPI – 9 meses e SPI – 12 meses para o conjunto das 27 estações analisadas, expressa por regressão linear.	70

Fig. 5.25. Relação entre os valores do MedPDSI e do SPI – 9 meses para 8 estações de Norte a Sul de Portugal Continental, expressa por regressão linear.	71
Fig. 5.26. Séries temporais do MedPDSI (—) e do SPI – 9 meses (.....) para a localidade do Porto.	72
Fig. 5.27. Séries temporais do MedPDSI (—) e do SPI – 9 meses (.....) para a localidade de Beja.	73
Fig. 5.28. Frequência das classes de seca produzida pelos índices MedPDSI (■) e :a) SPI – 9 meses (■); b) SPI – 12 meses (■), para as 27 estações analisadas.	73

Índice de Tabelas

Tabela 3.1. Valores da variável normal reduzida para determinadas probabilidades p de não excedência.....	18
Tabela 3.2. Informação relativa ao preenchimento de falhas nas séries mensais de precipitação: nº de observações simultâneas entre a série a preencher e a série de referência, N_1 , nº de valores em falta, N_2 , coeficientes a e b da regressão linear e respectivo coeficiente de determinação, e os coeficientes a_4 e b_4 do método MOVE.4.....	25
Tabela 4.1. Classificação dos valores do SPI (Paulo, 2004).....	26
Tabela 4.2. Resumo das etapas seguidas por Palmer (1965) para a obtenção da equação final de cálculo do PDSI a partir da Equação 4.15	30
Tabela 4.3. valores de z no i -ésimo mês calculados com a Eq. 4.15 para dois valores arbitrários de $X_i = X_{i-1}$ e dois valores arbitrários de i (Palmer, 1965).....	30
Tabela 4.4. Coeficientes culturais (K_c) obtidos para olivais no Sul de Espanha	34
Tabela 4.5. Valores médios mensais do coeficiente cultural basal, K_{cb} , coeficiente de evaporação, K_e , e coeficiente cultural médio, K_c ($K_c = K_{cb} + K_e$), referentes ao período 1965-2000 para 4 localidades no Alentejo	35
Tabela 4.6. Variação do K_e influenciado pela precipitação no mês corrente e no mês anterior.....	38
Tabela 5.1. Valores médios mensais (1941-2006) do armazenamento de água no solo (ASW), evapotranspiração actual (ET_a), recarga de água no solo (R), depleção de água no solo (L) e escoamento (RO) obtidos com o método de balanço original de Palmer (ET – Thornthwaite) e com o método MedPDSI.....	44
Tabela 5.2. Valores médios mensais (1941-2006) do armazenamento de água no solo (ASW), evapotranspiração actual (ET_a), recarga de água no solo (R), depleção de água no solo (L) e escoamento (RO) obtidos com o método de balanço original de Palmer (ET – FAO PM) e com o método MedPDSI.....	45
Tabela 5.3. Valores mensais dos coeficientes climáticos em Elvas, calculados com o método de balanço original de Palmer (ET - Thornthwaite) e com o método do MedPDSI (ISAREG-olival).....	47
Tabela 5.4. Valores mensais dos coeficientes climáticos para a localidade de Elvas, calculados com o método de balanço original de Palmer (ET – FAO PM) e com o método do MedPDSI (ISAREG-olival)	48
Tabela 5.5. Valores mensais do inverso do desvio padrão ($1/DP$) dos desvios de humidade (d) para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.....	48
Tabela 5.6. Valores mensais da formulação original da Característica Climática (K_j), calculada para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.....	49
Tabela 5.7. Valores mensais do inverso do desvio padrão ($1/DP$) dos desvios de humidade (d) corrigidos de acordo com as equações da Fig. 5.8 para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.	51

Tabela 5.8. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET-Thornthwaite: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.	63
Tabela 5.9. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET FAO-PM: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.	68
Tabela 5.10. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI, SPI – 9 meses e SPI – 12 meses: data de início e fim da seca e duração (Dur); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.	74

Lista de Abreviaturas

AO	Artic Oscillation
API	Antecedent Precipitation Index
ASW	Armazenamento de água no solo
CAFEC	Climatically Appropriate For Existing Conditions
CMI	Crop Moisture Index
d	desvio da humidade das condições climáticas médias
DP	Desvio Padrão
DPV	Défice de Pressão de Vapor da atmosfera
ENSO	El Nino Southern Oscillation
ET	Evapotranspiração
ET _a	Evapotranspiração Actual
ET _c	Evapotranspiração Cultural
ETDI	Índice de Déficit de Evaporação
ET _o	Evapotranspiração de Referência
ETP	Evapotranspiração Potencial
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agriculture Organization
PM	Penman-Monteith
IM	Instituto de Meteorologia
INAG	Instituto Nacional da Água
K	Característica Climática
K _c	Coeficiente Cultural médio
K _{cb}	Coeficiente Cultural basal
K _e	Coeficiente de evaporação do solo
KBDI	Índice de seca de Keetch e Byram
MOVE	Maintenance Of Variance Extension
NAO	North Atlantic oscillation
NCEP	National Center for Environmental Predictions
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
P	Precipitação
PCA	Principal Component Analyses
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PHDI	Palmer Hydrological Drought Index

RR	Regional Reanalyses
SMDI	Soil Moisture Deficit Index
SPI	Standardized Precipitation Index
SWAT	Soil and Water Assessment Tool
SWSI	Surface Water supply index
TAW	Total Available Soil Water; Capacidade de armazenamento para a água do solo
VCI	Vegetation Condition Index
WPDSI	Weighted Palmer Drought Severity Index
z	Moisture Anomaly Index

Lista de Símbolos

a	Ordenada na origem da recta de regressão linear simples
a_4	Ordenada na origem da equação do método MOVE.4
b	Declive da recta de regressão linear simples
b_4	Declive da equação do método MOVE.4
d	desvio da humidade das condições climáticas médias
D_r	Drenagem ou percolação profunda calculada com o modelo ISAREG
\bar{D}_j	Média dos valores absolutos de d para o mês j
E_i	Resíduo acumulado (método dos resíduos acumulados)
E_s	Escoamento superficial
ET_a	Evapotranspiração actual
ET_m	Evapotranspiração máxima ou potencial
ET_o	Evapotranspiração de Referência
$f_{c\ eff}$	Fracção da superfície do solo efectivamente coberta ou sombreada pela vegetação perto do meio-dia solar
f_{ew}	Fracção do solo humedecida pela rega ou pela precipitação e que está exposta à radiação solar
h	Altura da cultura
K	Característica Climática
$K_{c\ max}$	Valor máximo de K_c a seguir a uma chuva ou rega
$K_{c\ min}$	Valor de K_c para solo descoberto (na ausência de vegetação)
$K_{cb\ full}$	Valor de K_{cb} estimado para condições de cobertura total ou quase total do solo.
K_{cb}	Coeficiente Cultural basal
K_d	coeficiente de densidade da cultura utilizado para reduzir $K_{cb\ full}$
K_e	Coeficiente de evaporação do solo
K_r	Coeficiente de redução da evaporação ou de K_e
L	Depleção ou perda de água no solo
L_s	Depleção de água na camada superficial do solo
L_u	Depleção de água na camada inferior do solo
M_L	Parâmetro multiplicador da $f_{c\ eff}$ que descreve o efeito da densidade do copado no sombreamento e no valor máximo relativo da ET por fracção de solo sombreado
P	Precipitação
p	Factor de duração do índice de Palmer
P_e	Probabilidade percentual que uma seca ou evento húmido tenham terminado (Eq. 4.16); Precipitação efectiva (Eq. 4.22)

PL	Depleção ou perda potencial de água no solo
PL_s	Depleção ou perda potencial de água na camada superficial do solo
PL_u	Depleção ou perda potencial de água na camada inferior do solo
PR	Recarga potencial de água no solo
PRO	Escoamento potencial
q	Factor de duração do índice de Palmer
R	Recarga de água no solo
$R(i)$	Armazenamento de água no fim do dia i .
ΔR	Variação da reserva de água no solo
$R(x_i)$	Índice de posicionamento dos números de ordem da série x (teste de Mann-Whitney)
$R(U_i)$	Índice de posicionamento do valor absoluto da diferença entre o valor de x no mês i e a média amostral \bar{x}_1 (teste de Mann-Whitney)
R^2	Coeficiente de determinação da relação entre duas variáveis expressa por regressão linear
R_{min}	Armazenamento de água correspondente ao limite inferior da zona de rendimento óptimo
RO	Escoamento
$s_{y,x}$	Desvio padrão de ε_i (método dos resíduos acumulados)
t_c	Tempo de confirmação da seca
T_i	Instante em que ocorre a observação x_i (Teste de Mann-Kendall)
u	Estatística do teste de homogeneidade da média de Mann-Whitney
v	Estatística do teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney
u_u	Média da distribuição da estatística u do teste homogeneidade da média de Mann-Whitney
u_v	Média da distribuição da estatística v do teste homogeneidade da variância de Mann-Whitney
U_i	Valor absoluto da diferença entre o valor de x_1 no mês i e a média amostral \bar{x}_1 (teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney)
V_i	Valor absoluto da diferença entre o valor de x_2 no mês i e a média amostral \bar{x}_2 (teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney)
\bar{x}_1	Média amostral da série x_1 (teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney)
\bar{x}_2	Média amostral da série x_2 (teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney)
X_1	Índice intermédio do PDSI relativo à severidade de um evento húmido que se pode estar a formar
X_2	Índice intermédio do PDSI relativo à severidade de um evento seco que se pode estar a formar
X_3	Índice intermédio do PDSI relativo à severidade de um evento húmido ou seco que já esteja estabelecido
$y_{c,l}$	Série corrigida pelo método dos resíduos acumulados
z	Índice de anomalia de humidade

Z_S	Valor da variável normal padronizada do teste de τ – Kendall
Z_u	Valor da variável normal padronizada do teste de homogeneidade da média de Mann-Whitney
Z_v	Valor da variável normal padronizada do teste de homogeneidade da variância de Mann-Whitney
$Z_{1-\alpha/2}$	Quantil $1-\alpha/2$ da variável normal padronizada
Z_p	Variável normal reduzida para a probabilidade de não excedência p (método dos resíduos acumulados)
α	Semi-eixo horizontal da elipse do método dos resíduos acumulados (Eq. 3.22)
α_j	Coeficiente Climático relativo à ET (Eq. 4.9)
α_p	Probabilidade de obter um valor tão extremo quanto o da estatística do teste (teste de Mann-Whitney, teste de τ – Kendall e teste de Mann-Kendall)
β_j	Coeficiente Climático relativo à Recarga de água no solo no mês j (Eq. 4.9)
β	Semi-eixo vertical da elipse do método dos resíduos acumulados (Eq. 3.23)
γ_j	Coeficiente Climático relativo ao escoamento no mês j (Eq. 4.9)
δ_j	Coeficiente Climático relativo à Depleção de água no solo no mês j
ε_i	Resíduos dos valores observados de y_i (método dos resíduos acumulados)
θ_{FC}	Teor de água no solo à capacidade de campo
θ_{WP}	Teor de água no solo no coeficiente de emurchecimento
θ_P	Limite inferior do teor de água no solo em que a água ainda pode ser facilmente extraída pelas raízes das plantas sem stress
σ_u	Desvio padrão da distribuição da estatística u do teste homogeneidade da média de Mann-Whitney
σ_v	Desvio padrão da distribuição da estatística v do teste homogeneidade da variância de Mann-Whitney
σ_S	Desvio padrão da estatística do teste de τ – Kendall
τ	Coeficiente de autocorrelação τ – Kendall

1. Introdução

1.1. Apresentação e contextualização geral do tema

A escassez de água é uma característica de vários ambientes do nosso mundo, devendo-se a causas naturais e antrópicas. Dos quatro regimes xéricos determinantes da escassez de água, i.e., a aridez, a seca, a desertificação e a penúria de água (Pereira et al., 2002), este trabalho debruçar-se-á sobre o segundo fenómeno, a seca, dado ser o mais complexo e incompreendido dos quatro regimes. O fenómeno da seca pode ser definido de uma forma geral como uma escassez temporária de água com causa natural, caracterizando-se por uma precipitação persistentemente abaixo da média, ocorrendo com frequência, duração e intensidade aleatórias e cuja previsão é difícil ou mesmo impossível (Pereira et al., 2002). Em regiões áridas ou sub-húmidas, onde existe um equilíbrio mais delicado entre a procura e a disponibilidade da água, a ocorrência de secas é particularmente gravosa, devido à sua capacidade de provocar fortes desequilíbrios naquela relação, ainda mais quando não se tenham implementado medidas estruturais, de gestão e operacionais relativas aos recursos hídricos, ou mesmo práticas de poupança de água ao nível da sociedade. Assim, dada a recorrência do fenómeno da seca e a forte pressão que pode exercer sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, estes fenómenos conduzem muitas vezes a uma exploração abusiva destes recursos, que, se aliada a fenómenos de degradação da terra por processos de erosão, salinização ou poluição, pode conduzir a um processo irreversível e de carácter permanente: a *desertificação* (Pereira et al., 2002). Exemplo icónico dos efeitos de uma seca severa e prolongada, foi a catástrofe decorrente da grande seca que afectou a Etiópia com o auge no ano de 1984, causando mais de um milhão de mortos. Embora os países mais desenvolvidos tenham criado mecanismos de mitigação dos impactos das secas, com construção de reservatórios, modernização da gestão e operação de redes e sistemas hídricos, sistemas e métodos de rega mais eficientes, sistemas de monitorização e alerta para secas, medidas de afectação de recursos e de distribuição da água, políticas de preços da água, etc. (Pereira et al., 2002), o impacto de uma seca severa e prolongada, embora raramente tire vidas humanas, pode causar enormes prejuízos económicos, bem como consequências sociais extremamente gravosas. Wilhite (2000) refere prejuízos anuais globais devido às secas de 6 a 8 biliões de dólares, apontando-as como as catástrofes naturais mais custosas. Portugal Continental experienciou ao longo do século 20 vários episódios de seca severa, devendo estar ainda bem presente na memória de todos a grande seca que no início do presente século, em 2004-2005, assolou todo o país com graves consequências económicas e sociais. É pois de vital importância, ainda mais tendo em conta o papel que as alterações climáticas poderão ter ou não no agravamento das secas, o estudo destes fenómenos, nomeadamente quanto às suas causas, características espaciais e temporais, a sua predição e a sua monitorização.

Para todos estes aspectos os índices de seca têm um papel da maior importância tendo havido constantes desenvolvimentos nesta área desde o início do século 20 até ao presente. Devido à sua grande divulgação e reconhecido interesse e mais valia, dois índices de seca foram o alvo deste estudo: o Índice de Severidade de Seca de Palmer PDSI (palmer, 1965) e o Índice Normalizado de Precipitação SPI (McKee, 1993). Em Portugal Continental, Paulo (2004) refere vários estudos

desenvolvidos às secas com recurso ao PDSI, como o de Gonçalves (1982), Pimenta e Cristo (1998) e Pires (2003). O SPI também tem vindo a ser aplicado no nosso país, nomeadamente na região do Alentejo, como é o caso dos trabalhos de Paulo et al. (2003; 2005) e Paulo e Pereira (2006). No entanto o PDSI nos estudos referidos (e em muitos outros desenvolvidos noutras partes do mundo) não foi alvo de uma análise exaustiva quanto à sua formulação, nomeadamente quanto a algumas deficiências ligadas ao método de balanço hídrico do solo sobre o qual assenta e à característica climática, que é um factor de ponderação para a normalização do índice. Também a calibração do índice para as características climáticas de Portugal não foi alvo de grande atenção, facto que se tentará colmatar no presente trabalho. Quanto ao SPI, apesar do sucesso da sua aplicação à região do Alentejo nos estudos referidos acima, não são conhecidas aplicações a outras regiões climáticas de Portugal, pelo que se propõe neste estudo uma análise do índice em todo o continente Português. As deficiências apontadas por vários investigadores ao PDSI, nomeadamente quanto aos aspectos citados atrás, levaram a que grande parte deste estudo focasse uma modificação deste índice, nomeadamente ao nível do balanço hídrico do solo, do 'input' de evapotranspiração (ET) requerido e da Característica Climática, no sentido de tornar o índice mais aplicável às condições climáticas de Portugal Continental. Para este efeito considerou-se a cultura da oliveira como cultura de referência para a seca e para os cálculos da ET, recorrendo-se ao modelo ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992; Pereira et al., 2003) para efectuar o balanço hídrico do solo. Estes desenvolvimentos deram então origem a um novo índice adaptado às condições predominantemente Mediterrânicas do nosso país: o MedPDSI. Os índices MedPDSI, PDSI original e SPI foram aplicados à escala local para diferentes condições climáticas em Portugal continental e efectuaram-se análises comparativas entre eles no sentido de verificar a sua coerência e as diferenças que determinam na caracterização das secas.

1.2. Objectivos

- Verificação da aplicabilidade do SPI nas diferentes regiões climáticas de Portugal Continental
- Verificação das escalas temporais utilizadas no SPI que melhor se adequam à utilização simultânea deste índice com o PDSI, por exemplo numa rotina de monitorização das secas.
- Análise da equação original para o cálculo da característica climática e a sua reformulação no sentido de colmatar algumas das suas deficiências como factor para a normalização temporal e espacial do PDSI.
- Análise da influência do método de cálculo da ETP, i.e., método de Thornthwaite ou método FAO Penman-Monteith, no PDSI original, nomeadamente ao nível dos termos do balanço hídrico do solo, índice de anomalia de humidade e PDSI propriamente dito.
- Modificação do PDSI focando um melhor desempenho do índice em condições Mediterrânicas, nomeadamente pela introdução de um modelo de balanço hídrico alternativo, associado a um também diferente 'input' de evapotranspiração.
- Calibração do PDSI original e do PDSI resultante das modificações introduzidas, i.e., o MedPDSI, para as diferentes condições climáticas de Portugal Continental.

- Análise comparativa entre os índices SPI, PDSI original e MedPDSI, no sentido de verificar a coerência entre os resultados produzidos por cada um.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Causas, definições e categorias de seca

As secas são fenómenos complexos, ainda não totalmente compreendidos, que têm origem em anomalias da circulação atmosférica decorrentes ou associadas a variações na circulação oceânica. A influência dos oceanos na atmosfera é óbvia, dado serem a principal fonte de calor, que comanda a circulação atmosférica, e de humidade, que será transformada em precipitação. Assim, vários investigadores têm conseguido relacionar com êxito em várias regiões do mundo a variabilidade temporal e espacial das secas com alguns modos da variabilidade natural dos oceanos, principalmente no campo das temperaturas da superfície do mar, como é o caso dos índices *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), *Pacific Decadal Oscillation*, *North Pacific Mode*, e *Atlantic Multidecadal Oscillation* (Barlow et al., 2001; Schubert et al., 2004; McCabe et al., 2004; Hastenrath, 2006). Outros investigadores identificaram relações entre as secas e índices que reflectem a variabilidade no campo das pressões ao nível do mar, como é o caso da relação entre o índice *NAO* (*North Atlantic oscillation*), obtido a partir da diferença entre os valores normalizados da pressão ao nível do mar nos Açores e na Islândia, e as secas no Sul da Europa (Vicente-Serrano e Quadrat, 2007; Pires e Sousa, 2010). Pires e Sousa (2010) também identificaram o papel da *Oscilação Ártica* (AO – *Arctic Oscillation*), que é um modo hemisférico de variabilidade que representa as variações dominantes do campo da pressão a Norte do paralelo 20°N e que apresenta forte correlação positiva com o índice NAO, no estabelecimento de condições favoráveis à ocorrência de secas em Portugal Continental.

A complexidade das secas verifica-se não só ao nível das causas como também pela sua manifestação prática, envolvendo vários factores físicos, nomeadamente, meteorológicos, hidrológicos e geológicos, bem como factores biológicos e mesmo relacionados com a acção do Homem (construção de barragens, métodos de rega, urbanização, etc.). Estes aspectos, associados com a larga variedade de sectores socioeconómicos nos quais tem um impacto, tornam difícil arranjar uma definição universal ou consensual de seca. Assim uma seca pode querer dizer coisas diferentes para diferentes grupos de utilizadores da água, de acordo com o modo diferenciado como estes sentem os seus efeitos. A Sociedade Americana de Meteorologia (*American Meteorological Society*, 1997) agrupa as definições ou tipos de secas em quatro categorias, de acordo com diferentes perspectivas: *meteorológica*, *agrícola*, *hidrológica* e *socioeconómica*. A *seca meteorológica* é definida como um período prolongado (vários meses ou anos) em que as condições atmosféricas determinam a ausência ou a redução da precipitação, que se pode desenvolver rapidamente e acabar abruptamente. A *seca agrícola* é determinada sempre que a secura nos horizontes do solo onde se desenvolvem as raízes das culturas durante fases críticas do seu ciclo de desenvolvimento determinam uma séria redução na produção, mesmo que as camadas mais profundas do solo estejam saturadas. Heim Jr. (2002) faz notar que os primeiros sinais de seca agrícola podem ser

posteriores ao começo da seca meteorológica, dependendo do teor de água no solo previamente à seca. A *seca hidrológica* é resultado de défices de precipitação prolongados que afectam a recarga ou o abastecimento dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos, com consequente redução dos caudais dos cursos de água, nível dos aquíferos, albufeiras e lagos. A *seca socioeconómica* está associada à procura e à oferta de determinado bem condicionadas pelas condições prevalecentes de seca meteorológica, agrícola e hidrológica. Tate e Gustard (2000) apresentam uma classificação concordante com a da Sociedade Americana de Meteorologia (1997), na qual são definidas as seguintes categorias de seca: *climática*, *agro-meteorológica*, *fluvial*, *subterrânea* e *operacional*. As duas primeiras categorias são basicamente semelhantes às da Sociedade Americana de Meteorologia; as duas seguintes, i.e., a *fluvial* e a *subterrânea* consistem numa subdivisão da seca hidrológica, correspondendo a situações de redução significativa (em relação à média) do escoamento e da recarga dos aquíferos, respectivamente; quanto ao último conceito, o de *seca operacional*, Tate e Gustard (2000) definem-no como resultante de conflitos entre a escassez de água e a gestão da procura de água, o qual apresenta algumas similaridades com o conceito de *seca sócio-económica* da Sociedade Americana de Meteorologia. A interacção entre os diferentes tipos de seca é outro factor que dificulta o arranjo de uma definição consensual, uma vez que por exemplo a seca agrícola em culturas de regadio está fortemente ligada à seca hidrológica, já que o abastecimento de água para a rega está dependente do escoamento (Heim Jr., 2002). Algumas definições de seca tentam abranger esta complexidade, tal como a apresentada pela Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization*, 1992), segundo a qual a seca corresponde a uma “*deficiência marcada e prolongada de precipitação que resulta numa limitação de água para alguma actividade ou grupo de utilizadores*” ou a da Sociedade Americana de Meteorologia (1997), segundo a qual, a seca é um “*período anómalo de tempo seco suficientemente prolongado para que a falta de precipitação cause um desequilíbrio hidrológico grave*”.

2.2. Índices de seca

Os índices de seca nascem da necessidade de existir uma medida normalizada que permita a comparação de secas entre regiões com diferentes características climáticas, bem como para comparar eventos de seca que numa dada região ou localidade ocorreram em momentos históricos diferentes. Os índices de seca têm o intuito de identificar o começo de uma seca e o seu término, e avaliar a sua evolução em termos de severidade. Os índices de seca têm sido uma das ferramentas mais úteis para compreender e lidar com estes fenómenos, permitindo análises às suas características temporais e espaciais, a sua monitorização, e contribuindo, até certo grau, para a sua predição. Assim, os índices de seca, quando aliados a técnicas como a análise de Clusters ou a análise dos Componentes Principais (PCA), permitem identificar padrões de variabilidade espacial e temporal das secas, nomeadamente a definição de regiões homogéneas quanto à seca e a identificação de ciclos temporais e tendências dentro destas regiões (Bonaccorso et al., 2003; Bordi et al., 2004; Santos et al., 2010; Paulo, 2010; Moreira et al., 2010a; Raziei et al., 2009). Em relação a este aspecto, Moreira et al. (2010) refere que a regionalização em termos de seca trás vantagens no planeamento das secas e na predição da sua evolução, tendo em vista um sistema espacial

melhorado para a gestão destes fenómenos. Os índices de seca também são utilizados para a predição da evolução das secas em termos de severidade, mais propriamente para a predição das transições entre classes de seca, por exemplo recorrendo a técnicas como as cadeias de Markov ou modelos Loglineares (Paulo e Pereira, 2010; Moreira et al., 2010b; Pires e Sousa, 2010). Os índices de seca desempenham um papel também importante para suportar ou complementar informação sobre a predição das secas obtida através de índices oceânicos como os referidos anteriormente, i.e., o *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), *Pacific Decadal Oscillation*, *North Pacific Mode* e o *Atlantic Multidecadal Oscillation* (Barlow et al., 2001; Schubert et al., 2004; McCabe et al., 2004; Hastenrath, 2006).

No entanto, tal como já referido atrás, a complexidade do fenómeno da seca, em que intervêm diversos factores físicos, biológicos e humanos, juntamente com a variedade de sectores socioeconómicos em que tem um impacto, torna impossível desenvolver um índice universal que reúna toda esta problemática. Assim, os índices de seca têm sido desenvolvidos maioritariamente para se adaptarem a diferentes perspectivas ou categorias de seca, como as já referidas acima, i.e., *meteorológica*, *agrícola* e *hidrológica* (Heim Jr., 2002; Keyantash e Dracup, 2002).

2.2.1. Revisão histórica e enquadramento dos índices de seca PDSI e SPI.

Desde o início do século 20 até ao presente, numerosos índices de seca foram sendo desenvolvidos à medida que para além da precipitação começaram a ser medidas outras variáveis determinantes da seca e foram sendo feitos progressos ao nível do conhecimento e da modelação. O trabalho de Heim Jr. (2002), que faz um resumo dos principais índices de seca desenvolvidos ao longo do século 20 com utilização nos EUA, é aqui utilizado para elucidar os progressos feitos ao nível dos índices de seca, bem como para enquadrar historicamente os índices de seca PDSI e SPI.

Um dos marcos mais importantes no que toca ao desenvolvimento de índices de seca (principalmente do ponto de vista agrícola), foi o trabalho de Thornthwaite (1931), que introduziu o conceito de evapotranspiração (ET), i.e., a conjugação da evaporação da água a partir do solo com a transpiração das plantas, e que mais tarde desenvolveu um método para simular o balanço hídrico do solo: o *water budget*. O trabalho de Thornthwaite foi assim o ponto de partida para passar de índices que consideravam apenas a precipitação (e que se reportavam a definições locais de seca) para índices mais complexos, nomeadamente baseados em estimativas do teor de água no solo, como é o caso do conceito de *dia de seca agrícola* (van Bavel e Verlinden, 1956; Dickson, 1958), i.e., um período de 1 dia durante o qual o teor de água disponível no solo é zero, o *moisture stress day* (World Meteorological Organization, 1975), que considera a existência de uma seca se determinados limiares relativos à ET e ao teor de água no solo forem atingidos, e o *Índice da Precipitação antecedente*, API, (McQuigg, 1954; Waggoner e O'Connell, 1956) que estabelece um paralelismo entre a quantidade e o *timing* da precipitação, e o teor de água no solo, utilizando um procedimento recursivo, i.e., o valor do índice num dia obtém-se a partir do valor do índice no dia anterior. Também partindo da ideia de Thornthwaite de determinar a severidade da seca como uma comparação entre as necessidades e as disponibilidades hídricas, uma vez que, do ponto de vista agrícola, a falta de precipitação pode não afectar a produção de uma cultura, dependendo das condições de humidade

do solo prévias, McGuire e Palmer (1957) desenvolveram o *Índice de Adequação de humidade*, que corresponde a um rácio entre a necessidade de água, expressa pela evapotranspiração potencial, e a oferta de água (precipitação e teor de água no solo).

Um marco na evolução dos índices de seca, talvez tão importante como os desenvolvimentos feitos por Thornthwaite, foi o trabalho de Palmer (1965), que desenvolveu um índice para a identificação de secas meteorológicas, levando em consideração a precipitação, a evapotranspiração e as condições de humidade do solo, como variáveis determinantes para fazer um balanço entre a procura e a oferta de água. A importância do PDSI levou Heim Jr. (2002) a agrupar cronologicamente os índices de seca em: índices iniciais (tal como descrito atrás), índice de Palmer e índices decorrentes deste, e índices pós-Palmer. Nos índices decorrentes do PDSI, derivados de procedimentos utilizados no cálculo do PDSI, destacam-se o Índice de Anomalia de Humidade (z), o Índice de Seca Hidrológica de Palmer (PHDI) e o *Crop Moisture Index CMI* (Palmer, 1968). O Índice de Anomalia de Humidade (z) corresponde basicamente aos desvios normalizados da precipitação em relação a uma precipitação denominada CAFEC, do Inglês *Climatically Appropriate for Existing Conditions* ou, traduzindo, *precipitação apropriada para condições climáticas médias*, que é obtida com base num balanço hídrico do solo. O PHDI corresponde basicamente a uma simplificação do PDSI, uma vez que é na prática um resultado intermédio do PDSI, mais passível de se aplicar na identificação e avaliação da seca hidrológica, traduzindo em maior grau a variação das condições de humidade do solo do que mudanças nas condições atmosféricas. O CMI foi desenvolvido por Palmer (1968) pouco depois do PDSI, tendo sido concebido para avaliar a seca agrícola utilizando um passo de tempo semanal. Este índice baseia-se na evapotranspiração e precipitação semanal, e no valor do CMI no início de cada semana. O CMI é aplicável apenas durante o ciclo de desenvolvimento das culturas. Outro desenvolvimento decorrente do PDSI, é o índice de Palmer ponderado (WPDSI), mais adequado para a monitorização da seca em tempo real, uma vez que não utiliza o procedimento de *'backtracking'* ou retrocesso, em que valores anteriormente obtidos para o índice podem ser automaticamente substituídos sempre que no presente haja indícios de que, por exemplo, as condições meteorológicas determinantes do fim de uma seca se estabeleceram não no momento presente mas uns meses antes. Nos índices pós-Palmer, Heim Jr. (2002) aponta: i) índices baseados no balanço hídrico do solo, de que se destaca o índice de Keetch e Byram (KBDI); ii) índices hidrológicos, de que se destacam a *theory of runs*, ou teoria dos chorrilhos, aplicada a escoamentos e o *Surface Water supply index* (SWSI); iii) outros índices, quer estatísticos como o *Standardized Precipitation Index* (SPI), quer baseados em tecnologias modernas de detecção remota, como o *Vegetation Condition Index* (VCI); e iv) o *Drought Monitor* (Svoboda et al., 2002) como uma ferramenta que compila vários índices. O KBDI foi desenvolvido por Keetch e Byram (1968) para ser usado por gestores de risco de incêndios e é baseado num balanço hídrico do solo diário em que o factor de seca é balanceado com a precipitação e com o teor de água no solo. As unidades deste índice são expressas em percentagem de cada polegada de esgotamento ou depleção de água, variando de 0 (conforto hídrico total) a 800 (seca absoluta). A *theory of runs* aplicada a escoamentos ou outro tipo de variável, consiste na identificação dos *'run'*, que são uma sequência de valores da variável analisada inferiores a um determinado limiar crítico. Um *run* está portanto associado a uma

seca e é caracterizado pela sua duração e pelo défice total. Esta metodologia foi aplicada pela primeira vez na caracterização de secas hidrológicas por Yevjevich (1967) e posteriormente por outros investigadores como Dracup (1980). O SWSI (Wilhite e Glantz, 1985; Doesken et al., 1991) é um índice hidrológico que foi desenvolvido para o Colorado, EUA, com o objectivo de complementar a informação dada pelo PDSI, acrescentando a contribuição do degelo da neve em zonas montanhosas, a água armazenada em albufeiras e o escoamento como uma medida do estado das reservas hídricas superficiais. As observações destas variáveis e da precipitação são somadas e depois normalizadas recorrendo à análise de frequência das séries. O SPI foi desenvolvido por McKee et al. (1993) para o Colorado, EUA, consistindo num índice adimensional, baseado na distribuição de probabilidade da precipitação acumulada para um dado intervalo de tempo (meses). O VCI foi desenvolvido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) sendo calculado a partir de dados de radiação obtidos por detecção remota. Este índice assenta na estreita dependência entre o vigor das culturas e as condições climáticas, permitindo a detecção do estabelecimento da seca e a avaliação da sua intensidade e duração, sendo mais vocacionado para a época de crescimento das culturas (Kogan, 1995).

2.2.2. O Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI

A tentativa porventura mais conhecida de desenvolver um índice de seca que considera um número razoável de variáveis determinantes e que além disso se adapta às diferentes categorias de seca referidas em 2.1., talvez tenha sido a de Palmer (1965), que considerou a precipitação, a evapotranspiração e as condições de humidade do solo para obter o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI). O PDSI foi desenvolvido originalmente para as grandes planícies do centro dos EUA, considerando as condições ambientais e as culturas da região, nomeadamente assumindo o trigo de Inverno como a cultura de referência para a seca. Embora Palmer tenha desenvolvido originalmente o PDSI como um indicador da seca meteorológica, uma simplificação do mesmo, vulgarmente conhecida como Índice de Seca Hidrológica de Palmer PHDI (Karl, 1986), já referido atrás, adapta o índice a um ponto de vista hidrológico, enquanto Mika et al. (2005), Szep et al. (2005), Mavromatis (2007) e Quiring e Papakryiakou (2003) descobriram que o PDSI pode ser um indicador razoável da seca agrícola, estes últimos dois investigadores não se referindo ao PDSI em si, mas a um índice intermédio do algoritmo do PDSI, o índice de anomalia de humidade (z). O PDSI é calculado a partir de um algoritmo sequencial de balanço hídrico, originalmente realizado com um passo de tempo mensal, a partir do qual os conceitos básicos do índice são derivados: a precipitação CAFEC (precipitação apropriada para as condições climáticas médias) e o desvio de humidade em relação às condições normais (d). Os dados necessários para o cálculo do Índice de Palmer são a temperatura média do ar, a partir da qual a ETP é calculada usando a equação de Thornthwaite, a precipitação, e informação sobre a capacidade de armazenamento do solo. O índice de anomalia de humidade (z), um índice intermédio produzido pelo algoritmo do PDSI, resulta da normalização dos desvios de humidade (d) por intermédio de um factor de ponderação designado Característica Climática (K), que permite que z seja comparável entre diferentes regiões e meses. O índice z reflecte desvios de humidade do solo em relação a condições "normais" e às vezes é usado como um índice de seca por

si só, principalmente para reflectir as anomalias de humidade a curto prazo (Karl, 1986; Quiring e Papakryiakou, 2003).

2.2.2.1. Aplicações do PDSI

O PDSI na sua formulação original ou com algumas modificações orientadas a um melhor desempenho do índice em determinadas situações, tem sido aplicado em muitas regiões do mundo. Por exemplo, em estudos que visaram uma análise da ocorrência de secas no continente Europeu, o PDSI na sua formulação original juntamente com o SPI, foram utilizados, mostrando-se coerentes entre si (Bordi e Sutera, 2001; Lloyd-Hughes e Saunders, 2002). Nos EUA e no Canadá, o PDSI é incluído em rotinas de monitorização da seca, como o '*US Drought Monitor*' (Svoboda et al., 2002; <http://www.drought.unl.edu/dm/monitor.html>) e o '*Canada National Drought Model*' presente no 'site' da '*Agriculture and Agri-Food Canada*' (<http://www.agr.gc.ca>). Em Portugal, em anos recentes de seca (2005-2006), o PDSI, juntamente com os níveis de água nos reservatórios e os caudais dos rios foi usado por órgãos estatais para o acompanhamento de uma seca severa estabelecida (Comissão Para a Seca 2005, 2005). O PDSI também foi usado no México (Kim et al., 2002), com uma pequena alteração relativa ao uso da equação de Hargreaves em vez da equação original de Thornthwaite, para estudar as características temporais e espaciais das secas. Na região semi-árida das *Pampas* na Argentina, o PDSI, também utilizando uma diferente equação de cálculo da ET (a equação de Penman-Monteith), foi aplicado para avaliar a sequência histórica de períodos secos e húmidos (Scian e Donnari, 1997). Ntale e Gan (2003) propuseram algumas modificações nos algoritmos originais do PDSI, nomeadamente na fórmula recursiva do PDSI, no cálculo do escoamento potencial e no índice de anomalia de humidade (z), visando uma melhor adaptação à caracterização das secas na África Oriental. O PDSI também foi usado como uma base de comparação para avaliar índices recentemente desenvolvidos, como é o caso do estudo comparativo dos índices de detecção remota conduzido por Bayarjargal et al. (2006) nas estepes da Mongólia. Rao et al. (1997) recomendou o PDSI, ou mais propriamente, uma modificação deste comumente conhecida como *Índice de Seca Hidrológica de Palmer* (PHDI), a ser utilizado pelo Departamento de Recursos Naturais do Estado de Indiana, EUA, juntamente com a precipitação trimestral e caudais mensais dos rios. Na região Mediterrânica, Cancelliere et al. (1996) descobriu que o PDSI na sua formulação original, pode ser aplicável a estes ambientes.

2.2.2.2. Limitações e deficiências do PDSI

Apesar do considerável sucesso das aplicações do PDSI nos estudos mencionados anteriormente, a maioria dos investigadores não investigaram os pressupostos que estão na base do cálculo do balanço hídrico do solo, os quais apresentam algumas deficiências na sua formulação. Alguns autores, como Alley (1984), Heddingaus e Sabol (1991), Guttman (1998) e outros, têm apontado algumas das limitações do método de balanço hídrico do PDSI:

- 1) a equação de Thornthwaite corresponde a uma evapotranspiração 'climática' generalizada, apenas recorrendo à temperatura média mensal e à latitude, sendo portanto uma aproximação demasiado simplista para caracterizar nuances climáticas determinadas por exemplo pela altitude,

proximidade do mar, condições de humidade locais e aspectos que se prendem com as especificidades das culturas numa dada região.

- 2) a atribuição de 25 mm para a capacidade de armazenamento da camada superficial do solo (Palmer, 1965) é arbitrária. Este valor irá afectar a taxa de evapotranspiração potencial, uma vez que esta só ocorre enquanto houver água disponível na camada superficial;
- 3) o método de balanço hídrico pressupõe que, sempre que a precipitação mensal (P) é maior do que evapotranspiração potencial mensal (ETP), a taxa de evapotranspiração real (ET_a) é igual à taxa potencial. No entanto, por exemplo, no final do Verão na região Mediterrânica, o conteúdo de água no solo é normalmente muito baixo; no entanto se $P > ETP$ o modelo assume erroneamente que a ET ocorre à taxa potencial durante todo o mês;
- 4) Nenhum atraso é considerado entre o excesso de água gerado pela precipitação num determinado mês e o aparecimento de escoamento;
- 5) o método considera que o escoamento (entenda-se escoamento como escoamento superficial + percolação profunda) não ocorre até que o solo atinja a máxima capacidade de retenção para a água, facto que Rushton e Ward (1979) constataram conduzir a uma subestimativa do escoamento de cerca de 25% relativamente a quando são utilizados modelos de balanços hídrico do solo diários.

A importância de um cálculo mais preciso, realista e representativo do balanço hídrico do solo para o cálculo do PDSI ou outros índices já havia sido apontado por alguns investigadores. Por exemplo, Narasimhan e Srinivasan (2005) reconheceram as limitações da formulação do PDSI e propuseram dois índices para aplicação no Texas, EUA, o *Índice de Défice de Humidade do Solo* (SMDI) e o *Índice de Défice de Evaporação* (ETDI), que assentam num método de cálculo do balanço hídrico do solo bastante mais complexo e detalhado, utilizando um modelo hidrológico espacialmente distribuído, o modelo SWAT (Arnold et al., 1998; Neitsch et al., 2002), que gere a distribuição espacial dos dados de solo, cobertura vegetal, elevação do terreno e dados meteorológicos. Mo e Chelliah (2006) tentaram eliminar algumas das deficiências do PDSI original usando o 'National Center for Environmental Predictions' (NCEP) 'Regional Reanalyses' (RR), para obter directamente as variáveis de cálculo do PDSI como, a evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, escoamento superficial, máximo teor de humidade do solo e a variação da humidade do solo. Akinremi e McGinn (1996) também se debruçaram sobre as limitações do balanço hídrico do PDSI na avaliação deste índice nas pradarias Canadenses, usando um modelo de balanço hídrico mais detalhado, o 'Versatile Soil Moisture Budget (VMB-3.2), desenvolvido por Baier e Robertson (1966) e modificado por Dyer e Mack (1984), que junta a técnica do 'Curve Number' do 'Soil Conservation Service' (U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service, 1972) para calcular o escoamento superficial, usa a equação de Priestley e Taylor (Priestley e Taylor, 1972) para calcular a evapotranspiração potencial, e calcula a drenagem com o algoritmo simples de cascata de Ritchie e Otter (1985).

Outras deficiências do PDSI que não as referidas acima acerca do balanço hídrico do solo são apontadas por alguns autores, como Alley (1984) e Heddinghaus e Sabol (1991), que se prendem com:

- i) a Característica Climática (K) que é um factor de ponderação utilizado para a normalização dos desvios da precipitação das condições normais (d), permitindo que o PDSI possa ser comparável entre diferentes regiões e diferentes meses. Os referidos autores fazem notar que K é baseada num número limitado de observações, referentes a 9 divisões climáticas nos EUA, e é '*fracamente justificável em termos físicos e estatísticos*' (Heddinghaus e Sabol, 1991). Alley (1984) refere ainda que apesar da característica climática variar consoante o mês em causa, de acordo com um rácio entre a procura e a oferta de água característico desse mês, a sua formulação final tem uma forte componente empírica e partiu de dados agregados numa base anual, o que levanta dúvidas quanto à sua capacidade para normalizar os desvios mensais.
- ii) O estabelecimento arbitrário das classes de seca e das regras que estabelecem o início e o fim de uma seca. Alley (1984) faz notar que dadas as significativas variações da frequência de meses por categoria de seca entre regiões observadas por Palmer (1965), assim como os próprios valores dessas frequências, que podem ser demasiado elevados para algumas categorias de seca, o PDSI apresenta uma definição demasiado livre de termos como seca *ligeira*, *moderada*, *severa* e *extrema*. Alley (1984) também salienta que o valor do índice que é adoptado como representando o fim de uma seca (originalmente $PDSI \leq -0.5$) influencia bastante a frequência de meses por classe de severidade, bem como a ocorrência e o 'timing' das transições bruscas do índice entre classes de seca. Este autor acrescenta ainda que, devido ao procedimento de 'backtracking', a precipitação num dado mês pode ter um grande efeito nos valores do PDSI vários meses antes.
- iii) Karl (1986) e Alley (1984) também referem a forte influência que a escolha do período de base utilizado para a calibração de certos parâmetros do PDSI tem nos valores finais do índice.

2.2.3. O Índice Normalizado de Precipitação (SPI)

O Índice Normalizado de Precipitação ou '*Standardized Precipitation Index*' (SPI) foi desenvolvido por McKee (1993) com o intuito de melhorar a caracterização e monitorização dos períodos anormalmente secos e húmidos no estado do Colorado, EUA. O SPI baseia-se na distribuição de probabilidade da precipitação e pode ser calculado para várias escalas temporais, de 3 a 24 meses, a que correspondem valores da precipitação acumulada desde um dado mês j até 3 ou 24 meses antes. A escala do SPI deverá ser escolhida de modo a melhor representar o atraso entre a anomalia da precipitação e os seus efeitos, por exemplo, nos diferentes sectores económicos (agricultura, indústria, produção hidroelétrica, etc.). O SPI depende da função de distribuição escolhida para se ajustar à série das precipitações acumuladas, usando na sua formulação original a função Gama a dois parâmetros, a partir da qual se calculam as probabilidades de não excedência correspondentes aos valores da precipitação acumulada, que são então transformados em valores da variável normal reduzida a que corresponde o SPI.

Apesar de ser um índice mais recente do que o PDSI, o SPI tem sido amplamente aplicado por todo o mundo. Guttman (1998) comparou através de análise espectral séries históricas do SPI e do PDSI nos EUA, concluindo que as características espectrais do PDSI variam de local para local, contrariamente ao SPI. Lana et al. (2001) calcularam o SPI para 99 postos udométricos na Catalunha, Espanha, com dados mensais de 1961 a 1990, aplicando depois a análise de componentes principais (PCA) e a análise de 'clusters' às séries mensais do SPI, no sentido de analisar a variabilidade espacial e temporal das secas. Seiler et al. (2002) analisaram o SPI enquanto ferramenta para a monitorização do risco de cheias, concluindo que o SPI explicou satisfatoriamente o desenvolvimento de condições que conduziram às cheias mais severas dos últimos 25 anos na província de Cordoba, na Argentina. Hayes et al. (1999) utilizaram o SPI para examinar a progressão da seca de 1996 sobre as planícies do Sul e sudoeste dos EUA, concluindo que este índice detectou o início da seca 1 mês antes do PDSI, e que é uma ferramenta que deveria ser incorporada num sistema operacional de monitorização de secas. Sönmez et al. (2005) utilizaram o SPI na Turquia para analisar as variações espaciais na vulnerabilidade às secas para várias escalas temporais do SPI, concluindo que para a mesma escala do SPI obtêm-se diferentes graus vulnerabilidade entre regiões e que o aumento da escala temporal pode aumentar a diversidade regional. Paulo e Pereira (2006) utilizaram o SPI juntamente com a '*theory of runs*' com o intuito de caracterizar a ocorrência de secas na região do Alentejo, Portugal, durante o período 1931-99, concluindo que os métodos produzem resultados coerentes e que se complementam entre si na caracterização de secas locais ou regionais, e que a ocorrência e respectiva severidade das secas regionais é mais alta na segunda metade do período analisado.

2.2.4. O Índice de Palmer modificado para condições Mediterrânicas - MedPDSI

Tal como referido em 1.1., propõe-se neste estudo uma modificação do PDSI ao nível do balanço hídrico do solo e do input de evapotranspiração (ET) a este associado, no sentido de tornar o índice mais aplicável ao clima predominantemente Mediterrânico de Portugal Continental. O ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992; Pereira et al., 2003), um modelo baseado no balanço hídrico do solo orientado para a determinação das necessidades hídricas das culturas e para a gestão/calendarização da rega, é aqui utilizado para simular o balanço hídrico do solo de um olival intensivo de sequeiro. O modelo dispõe de módulos para o cálculo da evapotranspiração cultural (ET_c), utilizando a metodologia da FAO - '*Food and Agriculture Organization*' (Allen et al., 1998), em que um coeficiente cultural (K_c) é multiplicado pela evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_o é calculada para a relva ou alfafa como cultura de referência e representa as influências climáticas sobre a procura evaporativa (Allen et al., 1998; 2007). O K_c representa a integração dos efeitos de três características principais que distinguem uma dada cultura da cultura de referência: a altura da cultura (que afecta a rugosidade e a resistência aerodinâmica); a resistência da superfície solo-cultura (relacionada com a área foliar, fracção do solo coberto pela vegetação, idade e condição das folhas, grau de controlo estomático, e humedecimento da superfície do solo); e o albedo da superfície solo-cultura (influenciado pela fracção de solo coberto por vegetação e humedecimento da superfície do solo). O K_c aqui mencionado e utilizado pelo ISAREG, refere-se a um K_c médio, correspondente à

média temporal da componente associada à transpiração das plantas (K_{cb}) e da componente ligada à evaporação a partir do solo (K_e), em oposição aos K_c duais (Allen et al., 1998; 2005b; 2007), em que aquelas componentes são calculadas separadamente. Os K_c médios podem ser utilizados em balanços hídricos mensais, tal como efectuado neste estudo, enquanto os K_c duais requerem dados diários de precipitação e ET_o , sendo portanto mais indicados para balanços hídricos diários. No presente trabalho utilizaram-se K_c médios mensais, em que ao K_{cb} da cultura, fixo para cada mês do ano mas variável consoante o mês em causa, é adicionado um K_e médio mensal que irá variar de mês para mês, de acordo com a precipitação e a ET_o do mês em causa e com a precipitação do mês anterior, tal como descrito mais detalhadamente no Capítulo 3.3.2.

O ISAREG foi calibrado e validado com sucesso para diversas culturas em várias regiões do mundo, como por exemplo, para o trigo de Inverno na Síria (Oweis et al., 2003) e na Tunísia (Zairi et al., 2003), milho de Verão e trigo de Inverno no Norte da China (Liu et al., 1998; Campos et al., 2003), milho na Bulgária (Popova et al., 2006), algodão no Uzbequistão (Cholpankulov, 2008), citrinos na Sicília, Itália (Alba et al., 2003), e pastagens na Galiza, Espanha (Paz e Castelao, 1996).

A cultura do oliveira foi escolhida como cultura de referência para a seca e para os cálculos da ET, porque é uma cultura perene típica do ambiente Mediterrânico e sua procura evaporativa está bem estudada (Moreno et al., 1996; Orgaz e Fereres, 1997; Villalobos et al., 2000; Palomo et al., 2002; Nuberg e Yunusa, 2003), incluindo em condições de sequeiro e rega deficitária (Fernández et al., 2003; Moriana et al., 2003). Vários autores como Pastor e Orgaz (1994), Orgaz e Fereres (1997), e Orgaz *et al.* (2006) têm proposto valores mensais de K_c para a oliveira, os dois primeiros tendo sido amplamente utilizados em estudos relativos às necessidades hídricas do olival, como os de (Fernández et al., 1997; Fernández et al., 1998; Palomo et al., 2002; Er-Raki et al., 2008).

3. Dados - Análise e Tratamento.

Foram disponibilizadas pelo Instituto de Meteorologia (IM) séries de precipitação mensal, temperatura máxima média mensal e temperatura mínima média mensal respeitantes a 27 estações climatológicas espalhadas de Norte a Sul do país. O Instituto Nacional da Água (INAG) disponibilizou séries de precipitação mensal de 52 postos udométricos. Estas estações e postos foram seleccionados tendo em conta: *i)* a dimensão e a actualidade das séries de precipitação, uma vez que séries longas providenciam estimativas mais consistentes de alguns parâmetros e coeficientes requeridos para o cálculo do PDSI e do SPI, além de beneficiarem a análise da variabilidade temporal das secas; *ii)* a disponibilidade e dimensão das séries de temperaturas máxima e mínima (necessárias para o cálculo da evapotranspiração no caso do PDSI), pelos mesmos motivos mencionados atrás. Após a realização de uma série de testes vocacionados para a verificação da aleatoriedade e da homogeneidade das séries, de entre as que ‘passaram’ nos ditos testes e aquelas que não tendo passado foram passíveis de correcção, ficaram retidas para análise neste trabalho 73 estações, as 27 do IM e 46 do INAG. O período de dados disponíveis é 1941-2007. Estas estações e postos são apresentados na Fig. 3.1 e na Tabela A.1 (Anexo A). Dado que o PDSI requer dados de temperaturas máxima e mínima, para o cálculo da ET, o cálculo deste índice fica restringido às 27

estações do IM, enquanto que o SPI, necessitando apenas de dados de precipitação, pode ser aplicado para o conjunto de estações e postos do IM e do INAG. No entanto, uma vez que o se pretende neste trabalho em relação ao SPI é sobretudo fazer uma análise comparativa deste índice com o PDSI em diferentes condições climáticas, o SPI irá ser calculado apenas para os mesmos locais que o PDSI, não sendo o número de locais retidos (27 estações) restritivo para os outros tipos de análise aqui realizadas ao SPI.

Faz-se notar que neste trabalho a utilização dos postos udométricos teve como único intuito o preenchimento das falhas nas séries de precipitação mensal das 27 estações meteorológicas do IM retidas para análise e suportar a verificação da homogeneidade destas, e a sua correcção sempre que necessário.

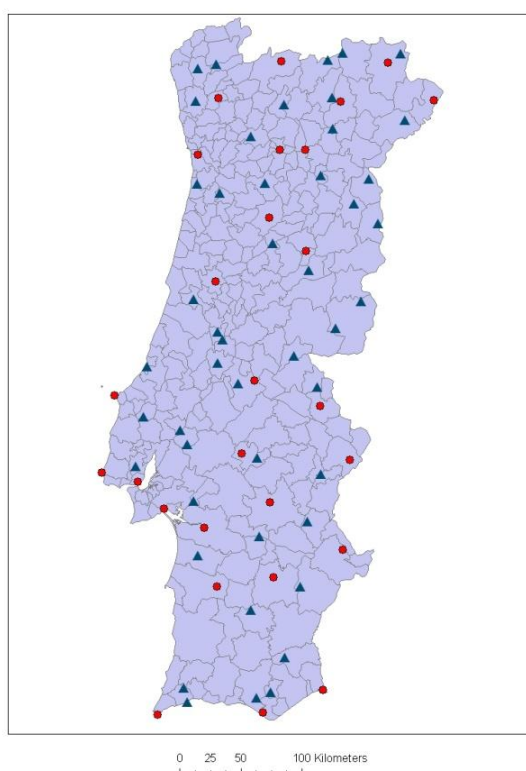


Fig. 3.1. Estações meteorológicas com dados de precipitação e temperatura, ●, e apenas com precipitação, ▲.

3.1. Análise e tratamento da qualidade das séries de dados - Metodologias

3.1.1. Análise de aleatoriedade

Teste de Mann-Whitney

O teste de Mann-Whitney tem o objectivo de, dadas as amostras aleatórias X_1, X_2, \dots, X_{n_1} da população X e Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_2} da população Y , verificar se os valores de uma das séries tendem a ser superiores aos da outra. Neste estudo porém, recorre-se a uma adaptação deste teste, no sentido de verificar se duas amostras $x_{1i} = x_i$, com $i = 1, \dots, n_1$ e $x_{2j} = x_j$, com $j = n_1+1, \dots, n_1+n_2$, provenientes da

partição de um ponto amostra $(x_1, x_1, \dots, x_{n_1+n_2})$ apresentam ou não médias e variâncias estatisticamente diferentes. Neste caso o valor de n_1 corresponde ao maior inteiro menor ou igual a $n/2$, com $n = n_1 + n_2$.

A hipótese de homogeneidade da média é testada, atribuindo-se a cada observação um número de ordem, de 1, para o menor valor, até n , para o maior; devem também obter-se os índices de posicionamento $R(x_{1i})$ e $R(x_{2j})$, constituídos pelos números de ordem atribuídos a x_{1i} e a x_{2j} , com $i = 1, \dots, n_1$ e $j = n_1+1, \dots, n_1+n_2$. O valor da estatística do teste u obtém-se por:

$$u = \sum_{i=1}^{n_1} R(x_{1i}) \quad (3.1)$$

Dada a hipótese nula de homogeneidade da média, se $n_1 > 10$ e $n_2 > 10$ a função de distribuição de u é assintoticamente normal, com média u_u dada por:

$$u_u = \frac{n_1(n+1)}{2} \quad (3.2)$$

e desvio padrão σ_u dado por

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n+1)}{12}} \quad (3.3)$$

o valor da variável normal padronizada z_u é calculado por:

$$z_u = \begin{cases} \frac{u - \frac{1}{2}u_u}{\sigma_u}, & \text{se } u > u_u \\ 0, & \text{se } u = u_u \\ \frac{u + \frac{1}{2}u_u}{\sigma_u}, & \text{se } u < u_u \end{cases} \quad (3.4)$$

Se para um nível de significância α , $|z_u| > z_{1-\alpha/2}$ a hipótese nula de homogeneidade da média é rejeitada.

Para testar a homogeneidade da variância utiliza-se uma modificação do teste de Mann-Whitney. Neste caso a estatística do teste u e a respectiva função de distribuição são diferentes das apresentadas acima. Assim, começa-se por calcular para cada sub-amostra $x_{1i} = x_i$, com $i = 1, \dots, n_1$ e $x_{2j} = x_j$, com $j = n_1+1, \dots, n_1+n_2$, os valores absolutos das diferenças entre os valores observados e as respectivas médias amostrais:

$$U_i = |x_{1i} - \bar{x}_1| \quad (3.5)$$

e

$$V_j = |x_{2j} - \bar{x}_2| \quad (3.6)$$

onde

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} \quad (3.7)$$

e

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_{2j} \quad (3.8)$$

De seguida atribui-se um número de ordem a cada diferença absoluta e obtêm-se os índices de posicionamento $R(U_i)$ e $R(V_j)$ de forma análoga ao caso anterior. O valor da estatística do teste v obtém-se por:

$$v = \sum_{i=1}^{n_1} (R(U_i))^2 \quad (3.9)$$

Admitindo a hipótese nula de homogeneidade da variância, se $n_1 > 10$ e $n_2 > 10$ a função de distribuição de v é assintoticamente normal, com média u_v dada por:

$$u_v = \frac{n_1 n_2 (n+1)(2n+1)}{6} \quad (3.10)$$

e desvio padrão σ_v dado por

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n+1)(2n+1)(8n+11)}{180}} \quad (3.11)$$

Então, considerando verdadeira a hipótese nula de homogeneidade da variância, o valor da variável normal padronizada z_v é calculado por:

$$z_v = \frac{v - u_v}{\sigma_v} \quad (3.12)$$

Se para um nível de significância α , $|z_v| > z_{1-\alpha/2}$ a hipótese nula de homogeneidade da variância é rejeitada.

Teste τ -Kendall

O teste de τ -Kendall é um teste que se baseia no cálculo de um coeficiente de correlação, e que avalia a magnitude da relação monotónica entre duas variáveis contínuas x e y (Helsel e Hirsch, 1992). Neste estudo utiliza-se uma adaptação deste teste, em que as duas amostras x_i e y_i , com $i = 1, 2, \dots, n$, são substituídas pelas séries $x_{1i} = x_i$ ($i = 1, \dots, n-1$) e $x_{2i} = x_i$ ($i = 2, \dots, n$), obtidas a partir da série temporal inicial x_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Consideram-se os pares de observações (x_{1k}, x_{2k}) e (x_{1w}, x_{2w}) , com $w > k$ e calculam-se o número de pares de observações concordantes (p), e o número de pares de observações discordantes (m). Dois pares de observações são consideradas concordantes se $x_{1w} > x_{1k}$ e $x_{2w} > x_{2k}$, e discordantes se $x_{1w} > x_{1k}$ e $x_{2w} < x_{2k}$ ou $x_{1w} < x_{1k}$ e $x_{2w} > x_{2k}$. O coeficiente de autocorrelação τ -Kendall é dado por:

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)} \quad (3.13)$$

onde

$$s = p - m \quad (3.14)$$

A estatística do teste poderá ser o próprio τ , mas uma vez que a variável de interesse é fundamentalmente s e havendo assim uma certa simplificação dos cálculos, muitos autores utilizam s em vez que τ como estatística do teste.

Dada a hipótese nula de inexistência de autocorrelação de primeira ordem entre os elementos de x_t , e se $n > 10$ a função de distribuição de s é assintoticamente normal com $u_s = 0$ e σ_s dado por:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (3.15)$$

a variável padronizada, z_s , com correcção de continuidade, é dada por:

$$z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sigma_s} & , s > 0 \\ 0 & , s = 0 \\ \frac{s+1}{\sigma_s} & , s < 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

Para um nível de significância α a hipótese nula é rejeitada se $|z_s| > z_{1-\alpha/2}$, em que $z_{1-\alpha/2}$ é o quantil $(1 - \alpha/2)$ da distribuição normal.

Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall corresponde a uma adaptação do teste do τ de Kendall, em que o ponto da amostra bivariada (x_i, y_i) é substituído pela amostra bivariada (x_i, T_i) em que x_i é o valor observado no instante T_i . O teste permite detectar a existência de uma relação monotónica significativa, crescente ou decrescente, entre x_i e T_i .

A probabilidade α_p é calculada em todos os testes, correspondendo à probabilidade de obter um valor tão extremo quanto o da estatística do teste, z , considerando como verdadeira a hipótese nula. É dada por:

$$\alpha_p = 2[1 - P(Z \leq z)] \quad (3.17)$$

Se $\alpha_p < \alpha$ a hipótese nula é rejeitada, para um nível de significância α .

3.1.2. Verificação e correcção da homogeneidade. Método dos resíduos acumulados

Quando se relacionam duas séries de dados meteorológicos de duas estações meteorológicas (com o intuito de por exemplo utilizar uma delas para preencher as falhas de dados da outra) assumindo que uma é homogénea, a série de dados da outra estação pode ser considerada homogénea se os resíduos acumulados desta série, calculados a partir da distância à linha de regressão, são não enviesados. A hipótese de viés pode ser testada para uma dada probabilidade p . Isto é feito verificando se os resíduos podem ser contidos dentro de uma elipse de eixos α e β . As magnitudes de

α e β dependem da dimensão da série de dados, do desvio-padrão da amostra que está a ser testada e da probabilidade p usada para testar a hipótese (Allen *et al.*, 1998).

O procedimento para analisar a homogeneidade de uma série de dados meteorológicos Y_i colectados numa determinada estação meteorológica pode ser resumido da seguinte forma (Allen *et al.*, 1998):

1. Seleccionar uma estação meteorológica de referência dentro da mesma região climática, que se sabe possuir uma série de dados homogénea X_i da mesma variável. Em alternativa, pode-se construir uma série de dados homogénea 'regional' definida pela média das observações em diversas localidades na mesma região.
2. Organizar as séries de dados x_i e y_i por ordem cronológica $i = 1, 2, \dots, n$, com igual origem temporal e passo de tempo.
3. Para ambas as séries de dados, calcular a média e o desvio padrão para a variável homogénea (x_i) e para a variável a ser testada (y_i).
4. Calcular a recta de regressão entre as duas variáveis x_i e y_i e o coeficiente de correlação associado. A equação de regressão entre as séries de dados é expressa por:

$$\hat{y}_i = a_f + b_f x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.18)$$

onde o subscrito f se refere à série na sua totalidade.

5. Calcular os resíduos dos valores observados y_i a partir da distância à recta de regressão, o desvio padrão $s_{y,x}$ dos resíduos e o correspondente resíduo acumulado residual E_i

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i \quad (3.19)$$

$$s_{y,x} = s_y (1 - r^2)^{1/2} \quad (3.20)$$

$$E_i = \varepsilon_i + \sum_{j=1}^{i-1} \varepsilon_j \quad (j = 1, \dots, i - 1) \quad (3.21)$$

6. Seleccionar uma probabilidade de não excedência p para aceitar a hipótese de homogeneidade. O valor $p = 80\%$ é comumente utilizado. Em seguida, calcular a equação da elipse, com eixos

$$\alpha = n/2 \quad (3.22)$$

$$\beta = \frac{n}{(n-1)^2} z_p s_{y,x} \quad (3.23)$$

onde

n tamanho da amostra

z_p variável normal reduzida para a probabilidade p (Tabela 3.1)

$s_{y,x}$ desvio padrão dos resíduos de y

A equação paramétrica da elipse é então:

$$X = \alpha \cos(\theta) \quad (3.24a)$$

$$Y = \beta \cos(\theta) \quad (3.24b)$$

com θ [rad] a variar de 0 a 2π

Tabela 3.1. Valores da variável normal reduzida para determinadas probabilidades p de não excedência

p (%)	z_p
50	0.00
60	0.25
70	0.52
75	0.67
80	0.84
85	1.04
90	1.28
95	1.64

7. Traçar os resíduos acumulados E_i contra o tempo usando o intervalo de tempo da variável em análise.
8. Desenhar a elipse no mesmo gráfico dos resíduos e verificar se os valores de E_i estão todos dentro da elipse. Se isto se verificar, então não há viés na distribuição dos resíduos, ou seja, o conjunto de dados y_i é considerado homogéneo para o nível de confiança p (ver Fig. 3.5).
9. Se a hipótese de homogeneidade não for aceite (ver Fig. 3.3), então pode seleccionar-se o ponto de quebra, onde E_i parece cessar de aumentar (ou diminuir) e começa a diminuir (ou aumentar). Este ponto de quebra é designado por $k = i$.
10. A série de dados está agora dividida em dois subgrupos, o primeiro de 1 a k , o segundo de $k + 1$ a n . Então, novas equações de regressão entre X e Y são calculadas para os dois grupos. Se for presumido que o segundo subconjunto é homogéneo, mas que o primeiro não é, então temos

$$\Delta \hat{y}_i = a_{nh} + b_{nh} x_i \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (3.25a)$$

e

$$\Delta \hat{y}_j = a_h + b_h x_j \quad (j = k + 1, k + 2, \dots, n) \quad (3.25b)$$

onde os subscritos h e nh identificam, respectivamente, os subconjuntos homogéneo e não homogéneo.

11. Calcular as diferenças entre as duas rectas de regressão considerando apenas o período de tempo do subconjunto não homogéneo ($i = 1, 2, \dots, k$)

$$\Delta \hat{y}_i = (a_h + b_h x_i) - (a_{nh} + b_{nh} x_i) \quad (3.26)$$

12. Corrigir a porção do subconjunto não homogéneo Y

$$y_{c,i} = y_i + \Delta \hat{y}_i \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (3.27)$$

onde o subscrito c identifica os valores corrigidos. Assim, o conjunto homogéneo completo para a variável Y é composto por:

$$Y_i = y_{c,i} \text{ para } i = 1, 2, \dots, k \quad (3.28a)$$

$$Y_i = y_i \text{ para } i = k + 1, k + 2, \dots, n \quad (3.28b)$$

Para confirmar os resultados da correcção de homogeneidade da série de dados Y , a metodologia pode ser aplicada novamente para a variável Y corrigida, por forma a fornecer evidências da homogeneidade no gráfico de resíduos. Este aspecto encontra-se representado na Fig. 3.5.

3.1.3. Preenchimento de valores em falta

As falhas de valores numa dada estação são normalmente colmatadas por transferência de informação de estações vizinhas para aquela estação. Considerando duas séries de observações de uma mesma variável (embora não necessariamente)

$$X_1, X_2, \dots, X_{N_1}, X_{N_1+1}, \dots, X_{N_1+N_2}$$

$$y_1, \dots, y_{N_1}$$

pretende-se pois, com base na série longa, x_i , efectuar uma extensão da série mais curta, y_i , com dimensão N_1 , para uma série mais longa, \tilde{y}_i , com dimensão N_1+N_2 . Faz-se notar que não é necessário que as duas séries comecem ou terminem simultaneamente nem que sejam consecutivas, ou mesmo que as N_1 observações correspondentes ao período comum correspondam à primeira parte da série.

Neste estudo utilizaram-se dois tipos de modelos lineares (os mais comuns para preencher falhas de dados): *i)* a regressão linear simples de y sobre x ; *ii)* e o método MOVE (Vogel e Stedinger, 1985; Matias, 2000) que se baseia em técnicas de extensão com manutenção da variância. Os modelos MOVE são especialmente indicados para aumentar a extensão das séries, em que as propriedades estatísticas de y , nomeadamente a média e a variância são reproduzidas.

Regressão linear simples

Este modelo assim como outros mais complexos baseados na regressão linear (por ex. a regressão linear com adição de resíduos aleatórios de Matalas e Jacobs, 1964) assumem que as séries x e y são estacionárias no tempo, não apresentam autocorrelação e possuem uma distribuição normal bivariada.

Na regressão simples os valores em falta são obtidos através da relação:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (3.29)$$

Em que a e b são obtidos pelo método dos mínimos quadrados, ou seja:

$$b = r \frac{S_{y1}}{S_{x1}} \quad (3.30)$$

$$a = \bar{y}_1 - b\bar{x}_1 \quad (3.31)$$

onde r é o coeficiente de correlação de Pearson, S_{y1} e S_{x1} são, respectivamente, o desvio padrão amostral das séries y_1 e x_1 , e \bar{y}_1 e \bar{x}_1 são as médias amostrais das séries y_1 e x_1 , respectivamente.

A série completa resultante, \tilde{Y}_i , possui uma variância inferior à da série de referência (série x). Este facto é de esperar, uma vez que com este método, os dados em falta estimados coincidem com a recta de regressão, desprezando a estrutura de resíduos. Para além disso, a equação de regressão não explica toda a variância da série mais curta mas apenas uma proporção desta, correspondente a r^2 .

Método MOVE

Estas técnicas são adequadas para situações em que as duas populações X e Y não diferem substancialmente em termos da forma da função de distribuição, na autocorrelação ou na sazonalidade (Vogel e Stedinger, 1985). Os modelos MOVE têm uma equação geral:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (3.32)$$

em que os valores de a e b são calculados de modo a gerar uma única série.

Existem vários 'níveis' para o método: MOVE.1, MOVE.2, MOVE.3, MOVE.4., que variam de acordo como a e b são obtidos. Uma vez que a eficiência dos estimadores aumenta com a ordem do procedimento MOVE, neste estudo foi apenas utilizado o método MOVE.4.

O MOVE.4 calcula a e b de modo a que a média e a variância na série estendida \tilde{Y}_i , igualem os estimadores não enviesados \hat{u}_y^* e $\hat{\sigma}_y^{2*}$ propostos por Vogel e Stedinger (1985). Uma descrição mais detalhada deste método remete-se para Matias (2000).

3.2. Análise e tratamento da qualidade das séries de dados - Resultados

3.2.1. Testes de aleatoriedade

Os testes de aleatoriedade mencionados em 3.1.1. foram realizados recorrendo a software desenvolvido por Matias (1998). Estes testes foram aplicados às séries de precipitação anual construídas a partir das séries de precipitação mensal das 27 estações meteorológicas disponibilizadas pelo IM e dos 52 postos udométricos do INAG. A hipótese de aleatoriedade foi rejeitada ($\alpha_p \leq 0.05$), pelo menos num dos testes, em 9 séries (Tabela A.2). Para as séries de temperaturas máxima e mínima médias mensais, necessárias apenas para o cálculo do PDSI, a análise de aleatoriedade não foi efectuada porque as alterações climáticas introduziram tendência nestas séries, sobretudo na temperatura mínima.

Na Fig. 3.2 apresenta-se a série de precipitação anual do posto 4494 (Montalvão), podendo-se constatar claramente uma tendência decrescente, sendo que a aleatoriedade destes dados foi rejeitada em 3 dos testes. (Tabela A.2).

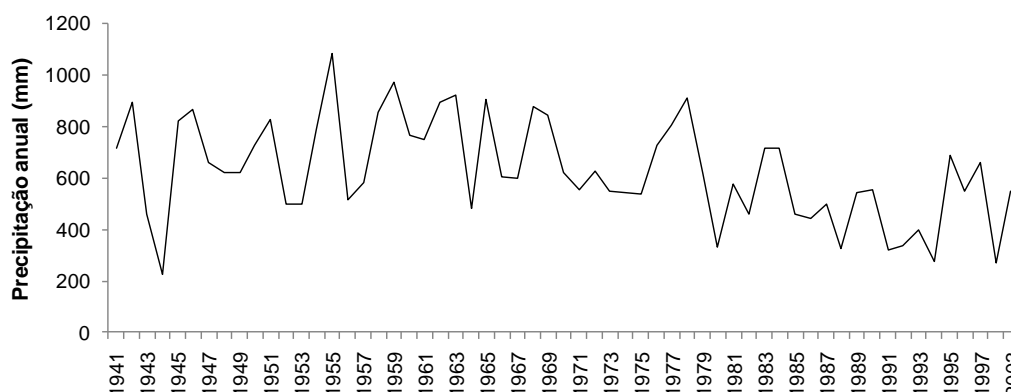


Fig. 3.2. Precipitação anual em Montalvão (4494) no período 1941-2003.

Para as estações cuja aleatoriedade foi rejeitada, aplicou-se o procedimento de correcção de séries não homogêneas associado ao método dos resíduos acumulados (Allen et al., 1998), tal como exposto em 3.1.2., ficando definitivamente rejeitadas se após a tentativa de homogeneização, 'falharem' outra vez num dos testes. Verificou-se que apenas as três estações do IM cuja hipótese de aleatoriedade foi rejeitada numa primeira fase pelos testes, ficaram retidas após correcção da homogeneidade, tendo sido as restantes seis do INAG eliminadas por insucesso do processo de homogeneização.

3.2.2. Verificação da homogeneidade e correcção de séries não homogêneas

Como exemplo da aplicação deste método para a verificação e correcção da homogeneidade das séries de precipitação, foi escolhido o caso da estação meteorológica de Alcácer do Sal (174), cuja hipótese de aleatoriedade foi aceite em todos os testes (Tabela A.2). Esta estação foi escolhida porque possui cerca de 10 anos de falhas de dados, sendo portanto necessário preenche-los, mas previamente, tem que se verificar se esta estação e a estação de referência para o preenchimento das falhas são homogêneas, i.e., se representam as mesmas condições (Allen et al., 1998). Se a série de dados com falhas se revelar não homogênea, é necessário corrigi-la. Neste trabalho, utilizou-se como série de referência para o preenchimento das falhas, a série constituída pela média da precipitação em estações vizinhas à estação a preencher (todas elas tendo passado nos testes referidos em 3.1.1), sendo aqui designada por série regional.

Em relação às séries de temperatura, estas também foram alvo de preenchimento das falhas de dados, mas sua homogeneidade não foi testada, dada a dificuldade de construir uma série regional de referência para o preenchimento (que se considera homogênea), motivada pela baixa densidade da rede de estações com medição desta variável. No entanto este aspecto não carece de grandes receios, pois Karl (1986) refere que a influência da precisão do cálculo da ET (a partir da temperatura média do ar) nos valores do PDSI é muito menor do que a simples alteração do período de calibração de alguns parâmetros e coeficientes requeridos para o cálculo do PDSI.

No caso da precipitação, e pegando no caso da estação de Alcácer do Sal, a série 'regional' de referência para o preenchimento foi definida pela média das observações em 3 estações na mesma região de Alcácer do Sal: Moinhola (5474), Grândola (5778) e Barragem do Pego do Altar, todas elas tendo passado nos testes de aleatoriedade referidos em 3.1.1.

Seguindo os passos referidos em 3.1.2., calcularam-se os resíduos dos valores observados da precipitação em Alcácer do Sal de (y_i) a partir da distância à recta de regressão que expressa a relação entre y_i e x_i (série regional). De seguida calculou-se o correspondente resíduo acumulado E_i . Seleccionou-se uma probabilidade de não excedência $p = 80\%$ para aceitar a hipótese de homogeneidade. Então traçaram-se os resíduos acumulados E_i contra o tempo usando o intervalo de tempo da precipitação e desenhou-se a elipse cujos valores calculados para os semieixos foram: $\alpha = 28$ e $\beta = 466.1$ (Fig. 3.3).

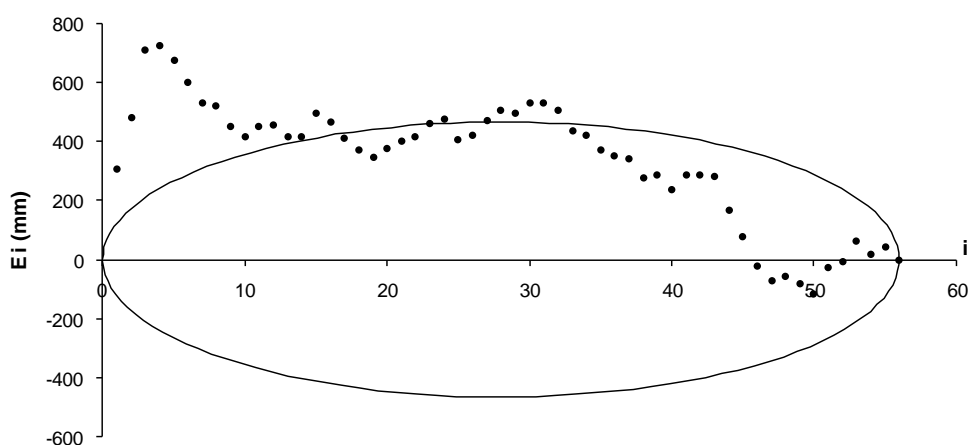


Fig. 3.3. Evolução temporal dos resíduos acumulados anuais, E_i , para a localidade de Alcácer do Sal.

Como se pode observar na Fig. 3.3, os valores iniciais de E_i estão significativamente fora da elipse, pelo que a distribuição dos resíduos é enviesada e o conjunto de dados y_i é considerado não homogéneo para o nível de confiança $p = 80\%$. Sendo assim, identificou-se o ponto de quebra da homogeneidade, o ano de 1944, correspondente ao ponto de inflexão dos resíduos acumulados, em que E_i deixa claramente de aumentar e passa, em termos gerais, a decrescer. A série de dados ficou então dividida em dois subgrupos, o primeiro de 1941 a 1944, considerado não homogéneo, e o segundo de 1945 a 1997, que se considerou homogéneo. Estando identificado o ponto de quebra da homogeneidade com recurso às séries anuais de precipitação, na fase seguinte são as precipitações mensais que são utilizadas para a correcção da homogeneidade, sendo organizadas por meses do ano, de Janeiro a Dezembro. O gráfico da Fig. 3.4a mostra que utilizando as precipitações mensais, neste caso para Janeiro, os resíduos acumulados E_i apresentam um comportamento similar ao verificado quando as precipitações anuais são utilizadas.

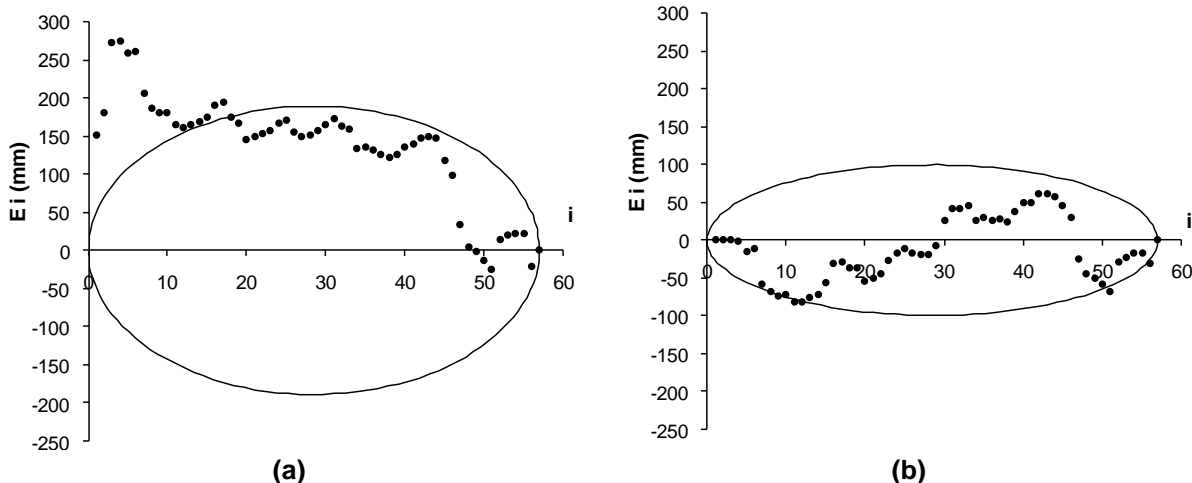


Fig. 3.4. *Evolução temporal dos resíduos acumulados E_i em Janeiro para a localidade de Alcácer do Sal: a) previamente à homogeneização; b) posteriormente à homogeneização.*

Após a aplicação dos passos 10 a 12 descritos em 3.1.2. relativamente às precipitações mensais (separadamente para cada mês do ano), pode-se constatar que, após homogeneização, os resíduos acumulados para o mês de Janeiro ficaram contidos na elipse na sua quase totalidade. Procedendo de igual modo para os restantes meses do ano, no final, depois de fazer o somatório das precipitações mensais homogeneizadas de modo a obter uma série anual, pode-se constatar que os resíduos acumulados respeitantes a esta série ficam contidos na elipse (Fig. 3.5).

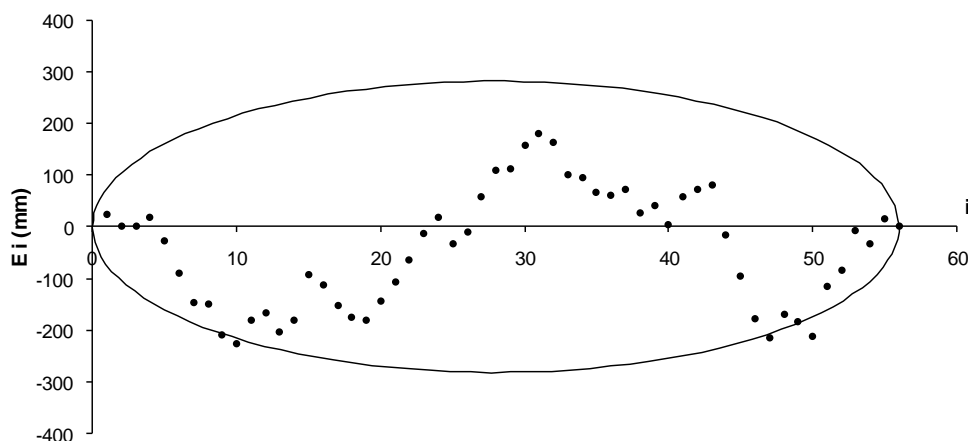


Fig. 3.5. *Evolução temporal dos resíduos acumulados anuais E_i para a localidade de Alcácer do Sal, posteriormente à homogeneização das respectivas séries mensais.*

3.2.3. Preenchimento de valores em falta

O preenchimento dos valores de precipitação e de temperaturas máxima e mínima em falta foi efectuado por regressão linear simples entre a estação com falhas e uma estação de referência sempre que a frequência de falhas correspondeu a menos de 5% da dimensão total da série. Quando a frequência de falhas foi superior a este valor recorreu-se ao método MOVE.4, uma vez que com este método a média e a variância da nova série completada é preservada.

Na Tabela A.3 (Anexo A) podem observar-se as estações com falhas de dados de precipitação e a dimensão destas, as estações vizinhas da estação com falhas, utilizadas para construir a série regional de referência para o preenchimento, o coeficiente de determinação (R^2) da relação (expressa por regressão linear) entre as séries, e o método de preenchimento utilizado. Pode constatar-se que, em geral, existe uma relação forte entre as estações com falhas e a série constituída pela média regional de precipitação, com valores de R^2 entre 0.82 e 0.94, significando que entre 82% e 94% da variância das séries com falhas é explicada pela média regional da precipitação.

As Tabelas A.4 e A.5 (Anexo A) apresentam a mesma informação da Tabela A.3 mas referentes, respectivamente, à temperatura máxima e temperatura mínima. Para estas séries não foram utilizadas médias regionais para construir a série de referência para o preenchimento, pois a densidade da rede de estações com medição destas variáveis é relativamente baixa. Assim, foram utilizadas as estações individuais disponíveis com uma relação forte com a estação com falhas, medida em termos do coeficiente de determinação (R^2), em que não existissem falhas em simultâneo. Sempre que se detectaram períodos com falhas de dados em simultâneo, recorreu-se a uma segunda estação, tal como indicado nas Tabelas A.4 e A.5.

Como exemplo da aplicação do preenchimento de falhas de precipitação pelo método MOVE.4, escolheu-se a estação de Vila Real de S^{to} António, uma vez que esta estação apresentava um número de falhas significativo. Na Tabela A.3 (Anexo A) pode constatar-se que existe uma forte relação entre a precipitação mensal em Vila Real de S^{to} António e a precipitação regional calculada como a média para 3 estações próximas daquela estação: Picota, Castro Marim e Figueirais, com coeficiente de determinação (R^2) de 0.92.

Para preencher as falhas optou-se por organizar os dados por meses do ano, resultando assim em 12 séries mensais para cada posto. A caracterização da relação entre cada uma das 12 séries mensais de precipitação (de Janeiro a Dezembro) para Vila Real de S^{to} António e as correspondentes para a média regional de precipitação, expressa por regressão linear, apresenta-se na Tabela 3.2. Nesta Tabela também se apresenta, o número de observações simultaneamente disponíveis nas duas séries (N_1), o nº de falhas por mês do ano (N_2) e os coeficientes da equação utilizada pelo método MOVE.4 (b_4 é o declive e a_4 a ordenada na origem), verificando-se que divergem significativamente dos coeficientes a (ordenada na origem) e b (declive) da regressão linear. O método MOVE.4 foi igualmente utilizado para as séries de temperaturas.

Tabela 3.2 Informação relativa ao preenchimento de falhas nas séries mensais de precipitação: n° de observações simultâneas entre a série a preencher e a série de referência, N_1 , n° de valores em falta, N_2 , coeficientes a e b da regressão linear e respectivo coeficiente de determinação, e os coeficientes a_4 e b_4 do método MOVE.4.

			Regressão linear $y = a + b x$			Move.4 $y' = a_4 + b_4 x$	
Mês	N_1	N_2	a	b	R^2	a_4	b_4
Janeiro	58	8	6.11	0.77	0.90	-30.26	1.22
Fevereiro	58	8	3.50	0.75	0.89	-16.84	1.09
Março	58	8	5.00	0.87	0.79	-16.91	1.07
Abril	58	8	4.12	0.83	0.82	-23.00	1.28
Maio	57	9	-2.04	0.95	0.90	-9.56	1.15
Junho	58	8	0.97	0.67	0.78	-3.81	1.76
Julho	58	8	-0.08	1.01	0.56	-1.62	1.81
Agosto	58	8	0.18	0.83	0.98	-1.93	2.79
Setembro	58	8	1.87	0.86	0.86	-7.33	1.42
Outubro	58	8	4.00	0.81	0.89	-47.84	1.74
Novembro	57	9	4.38	0.81	0.86	-59.52	1.69
Dezembro	58	8	-0.71	0.82	0.93	-64.84	1.99

4. Índices de Seca – Metodologia

4.1. Índice Normalizado de Precipitação - SPI

O cálculo do índice SPI num determinado ano i e mês j , para uma dada escala de tempo k requer os seguintes passos:

- Cálculo da série de precipitações acumuladas $X_{i,j}^k (i = 1, \dots, n)$ para cada mês j da série original de precipitações mensais, onde cada termo da nova série se obtém como soma da precipitação do mês actual j com o somatório da precipitação dos $k-1$ meses antecedentes.
- Ajustamento de uma função de distribuição à nova série assim obtida (neste trabalho, concretamente, a função Gama).
- Cálculo das probabilidades de não excedência relativas aos valores acumulados das precipitações.
- Cálculo dos valores do SPI, pela transformação das probabilidades de não excedência em valores da variável normal reduzida.

Dado que no presente trabalho não se questionou qualquer aspecto do método de cálculo do SPI, tal como utilizado por Paulo (2004) numa análise das secas no Sul de Portugal, nomeadamente ao nível da função de distribuição utilizada, remete-se para este autor, uma descrição mais detalhada da metodologia de cálculo do SPI.

A classificação do SPI em termos de categorias de severidade tal como definida por McKee (1993) é apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Classificação dos valores do SPI (Paulo, 2004).

Categorias do SPI	Classificação
$SPI \leq -2$	Seca extrema
$-1.99 \leq SPI \leq -1.5$	Seca severa
$-1.49 \leq SPI \leq -1.00$	Seca moderada
$-0.99 \leq SPI \leq 0.99$	Quase normal
$1.00 \leq SPI \leq 1.49$	Moderadamente húmido
$1.50 \leq SPI \leq 1.99$	Muito húmido
$SPI \geq 2$	Extremamente húmido

4.2. Índice de Severidade de Seca de Palmer, PDSI

4.2.1. Modelo de balanço hídrico do solo

A aproximação de Palmer para o cálculo do balanço hídrico do solo, com um passo de tempo mensal, é descrita pela seguinte equação:

$$P = ET + RO + (R - L) \quad (4.1)$$

onde P é a precipitação, ET a evapotranspiração real, RO o escoamento, R é a recarga de água do solo e L a perda de água do solo. A variação da reserva de água no solo é a diferença ($R-L$). R e L são mutuamente exclusivos querendo dizer que quando existir recarga L é nula e quando existir perda de água do solo ($L>0$) a recarga é zero.

O modelo de Palmer assenta num balanço hídrico relativo a duas camadas de solo, onde camada superficial tem uma capacidade de armazenamento para a água, TAW , do inglês *total available water*, de 25 mm. A TAW da camada subjacente é estimada com base na média regional dos teores de água à capacidade de campo θ_{FC} [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$] e no coeficiente de emurchecimento θ_{WP} [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$]; mais propriamente TAW é a diferença entre θ_{FC} e θ_{WP} multiplicada pela profundidade radicular expressa em mm.

A evapotranspiração ocorre à taxa potencial até que a água na camada superficial seja totalmente removida. O consumo de água na camada subjacente começa a partir do momento em que a camada superficial está vazia.

Se a evapotranspiração potencial (ETP) for igual ou superior à precipitação, a perda de água na camada superficial, L_s , é:

$$L_s = \min[S_s, (ETP - P)] \quad (4.2)$$

A perda de água na camada subjacente, L_u , é então dada por:

$$L_u = (ETP - P - L_s) \frac{S_u}{TAW} \quad (4.3)$$

onde S_s e S_u correspondem, respectivamente, à água armazenada, no final do mês anterior, na camada superficial e na camada subjacente.

A recarga da camada inferior inicia-se quando a camada superficial atinge a capacidade de campo. O escoamento ocorre quando a capacidade de campo é atingida em ambas as camadas.

Para além da evapotranspiração potencial (ETP), estimada pela equação de Thornthwaite, Palmer introduziu mais três termos potenciais derivados do balanço hídrico do solo. A recarga potencial (PR), a perda potencial (PL) e escoamento superficial potencial (PRO) expressam assim condições máximas hipotéticas em relação aos respectivos valores actuais.

A recarga potencial é definida como a quantidade de água necessária para que o teor de água no solo atinja a capacidade de campo:

$$PR = TAW - (S_s + S_u) \quad (4.4)$$

A perda potencial é a quantidade de água que o solo pode perder por evapotranspiração num período de ausência de precipitação, sendo fraccionada pelas duas camadas:

$$PL = PL_s + PL_u \quad (4.5)$$

onde

$$PL_s = \min[ETP, S_s] \quad (4.6)$$

$$PL_u = (ETP - PL_s) \frac{S_u}{TAW}, \quad PL_u \leq S_u \quad (4.7)$$

O escoamento potencial corresponde à diferença entre a precipitação potencial e a recarga potencial. Originalmente Palmer adoptou para a precipitação potencial o valor de TAW, sendo PRO dado por:

$$PRO = TAW - PR = S_s + S_u \quad (4.8)$$

4.2.2. Índice de Anomalia de Humidade, Z

O índice de anomalia de humidade (z) corresponde ao desvio normalizado entre o clima (humidade) num determinado mês e as condições médias de humidade desse mesmo mês.

O desvio de humidade (d) é o desvio entre a precipitação que efectivamente ocorre num determinado mês, P_n , e a precipitação expectável de ocorrer para as condições médias do clima, P'_n , sendo calculado com um passo de tempo mensal por:

$$d_i = P_i - P'_i = P_i - (\alpha_j ETP_i + \beta_j PR_i + \gamma_j PRO_i - \delta_j PL_i) \quad (4.9)$$

onde ETP_i , PR_i , PRO_i e PL_i se referem ao intervalo de tempo i . Os coeficientes de α_j , β_j , γ_j e δ_j e são os rácios entre a média de cada um dos valores actuais de ET , recarga de humidade do solo, escoamento e perda da humidade do solo, e a média dos respectivos valores potenciais (ETP , PR , PRO e PL) durante um período de calibração. O subscrito j refere-se ao mês do ano.

O índice de anomalia de humidade (z_i) é calculado como:

$$z_i = K_j d_i \quad (4.10)$$

onde K_j é a característica climática do mês j (adimensional) e d_i é o desvio de humidade (Eq. 4.9).

A característica climática é definido como:

$$K_j = \frac{17.67}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D_i} K'_i} K'_j \quad (4.11)$$

onde $\overline{D_i}$ é a média dos valores absolutos de d para o mês i , a constante 17.67 é a soma anual dos desvios médios ponderados relativos a 9 divisões climáticas nos EUA, e K'_j é obtida pela relação empírica:

$$K'_j = 1.5 \cdot \log_{10} \left(\frac{T_j + 2.8}{\overline{D_j}} \right) + 0.5 \quad (4.12)$$

onde T_j é uma medida da razão entre a procura média de humidade e a oferta média de humidade para a região em causa e para o mês j , definida como:

$$T_j = (\overline{PE_j} + \overline{R_j} + \overline{RO_j}) / (\overline{P_j} + \overline{L_j}) \quad (4.13)$$

4.2.3. Índice de Palmer, PDSI

O índice de Palmer (PDSI) é obtido a partir do índice de anomalia de humidade (z), através da introdução do factor tempo, ou duração, como factor fundamental para a definição de uma seca. Mais propriamente, a duração de uma seca virá como uma consequência indirecta da acumulação de sucessivos valores mensais de z , de tal forma que cada valor sucessivo de z é adicionado, à taxa q , ao valor anteriormente acumulado de z , X_{i-1} , também afectando este por uma taxa p :

$$X_i = pX_{i-1} + qz_i \quad (4.14)$$

Esta equação, com $p = 0.897$ e $q = 0.33$ foi obtida por Palmer (1965) para os EUA e foi derivada da relação entre os valores acumulados de z durante os 13 eventos de seca mais severos que ocorreram nos estados do Kansas e do Iowa e as suas respectivas durações (Fig. 4.1).

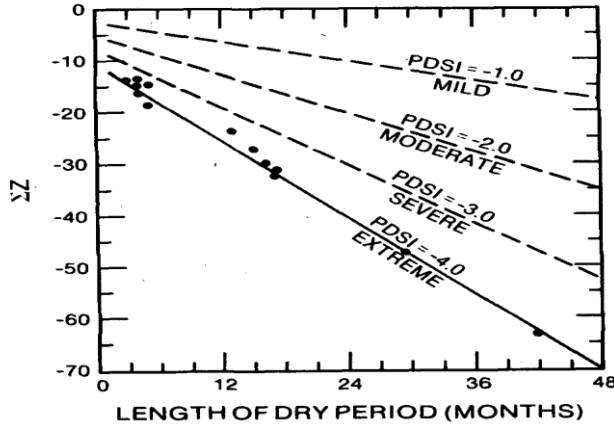


Fig.4.1. Valores acumulados do índice de anomalia de humidade, z , durante os períodos mais secos de diferentes durações no Iowa central e oeste do Kansas (Alley, 1984).

Palmer classificou aqueles períodos como ‘seca extrema’ e atribuiu o valor numérico de severidade $PDSI = -4.0$ para a linha de regressão ajustada aos 13 pontos. De seguida Palmer subdividiu a região do gráfico entre a linha de seca extrema e a linha correspondente a um valor acumulado nulo de z (eixo das abcissas) por três outras linhas que ele designou por limiares inferiores de ‘seca severa’ ($PDSI = -3.0$), ‘seca moderada’, ($PDSI = -2.0$) e ‘seca ligeira’ ($PDSI = -1.0$).

O processo desenvolvido por Palmer para a obtenção da equação de cálculo do PDSI (Eq. 4.14) é descrito seguidamente. Uma análise mais detalhada sobre o assunto remete-se para Palmer (1965), Ntale e Gan (2003) e Wells et al. (2004)

A partir da linha que representa a seca extrema, Palmer derivou a primeira aproximação da equação de severidade de seca, X_i , expressa como:

$$X_i = 4 \sum_{t=1}^i z_t / (0.309i + 2.691) \quad (4.15)$$

onde X_i é a severidade da seca no mês i , 0.309 e 2.691 são, respectivamente, a inclinação e a intercepção da linha de seca extrema, e a constante 4 serve para atribuir um valor numérico de -4.0 a X no mês i , quando z sofre uma acumulação desde $t = 1$ até i a uma taxa semelhante à expressa pela linha seca extrema (Fig. 4.1).

No entanto a Eq. 4.15 fornece apenas uma primeira aproximação da expressão de severidade de seca, porque Palmer constatou que este processo cumulativo pode ser enganoso, principalmente porque a Eq. 4.15 atribui pesos diferentes para o mesmo déficit hídrico (z) na sua contribuição para a severidade da seca, se este ocorrer no início da seca ou vários meses depois, dependendo da ordem de i . Palmer (1965) usou um exemplo claro para demonstrar este comportamento: observou que, ao usar a Eq. 4.15, uma sequência de seis meses, com $z = -1.0$, seguida por quatro meses, com $z = -4.0$ conduzia a um valor de severidade mais baixo do que 4 meses com $z = -4.0$ precedidos por seis meses húmidos, neste último caso usando a Eq. 4.15 somente quando o período seco começa ($z = -4.0$). Obviamente isto é falso e o processo cumulativo não pode ser usado para explicar o efeito da duração de uma seca sobre a intensidade ou severidade desta. Assim, Palmer lidou com o problema

de tal forma que cada mês sucessivo aumenta a severidade da seca com uma determinada taxa, independentemente da posição do mês na sequência do período seco. Isto fará com que a duração da seca seja uma consequência indirecta da acumulação de sucessivas contribuições mensais à severidade da seca (Palmer, 1965). A Tabela 4.2 resume os passos utilizados por Palmer para, partindo da Eq. 4.15, chegar à equação final de severidade de seca (Eq. 4.14).

Tabela 4.2. Resumo das etapas seguidas por Palmer (1965) para a obtenção da equação final de cálculo do PDSI a partir da Equação 4.15.

Valor de X_i para o 1º mês de seca de acordo com a Eq. 4.15	$X_i = 4 \sum_{t=1}^i z_t / (0.309i + 2.691) \Rightarrow X_1 = z_1 / 3$
Cálculo do incremento ΔX_1 , considerando $X_0 = 0$	$X_1 - X_0 = \Delta X_1 = z_1 / 3$
Introdução de um termo adicional (cX_{i-1}) para manter $\Delta X_i = 0$	$\Delta X_i = (z_i / 3) + cX_{i-1}$
Cálculo de c a partir do valor de z que manterá $\Delta X_i = 0$ para 2 valores arbitrários de X_i ($X_i = 1$ e $X_i = -3$). Ver Tabela 4.3.	$\Delta X = 0 = (-0.309 / 3) - 1.0c$ $\Delta X = 0 = (-0.927 / 3) - 3.0c$
1º arranjo da equação de severidade de seca	$\Delta X_i = (z_i / 3) - 0.103X_{i-1}$
2º arranjo da equação de severidade de seca	$X_i = X_{i-1} + (Z_i / 3) - 0.103X_{i-1}$
Arranjo final da equação de severidade de seca	$X_i = 0.897X_{i-1} + (Z_i / 3)$

Tabela 4.3. valores de z no i -ésimo mês calculados com a Eq. 4.15 para dois valores arbitrários de $X_i = X_{i-1}$ e dois valores arbitrários de i (Palmer, 1965).

i	X_{i-1}	$\sum_{t=1}^{i-1} z_t$	ΔX_i	X_i	$\sum_{t=1}^i z_t$	z_i
2	-1.0	-3.00	0	-1.0	-3.31	-0.309
10	-1.0	-5.47	0	-1.0	-5.78	-0.309
2	-3.0	-9.00	0	-3.0	-9.93	-0.927
10	-3.0	-16.42	0	-3.0	-17.34	-0.927

4.2.4. O procedimento de 'Backtracking' ou retrocesso do PDSI

Palmer não parou na Eq. 4.14 para calcular definitivamente os valores do PDSI, que mais propriamente origina o Índice de Seca Hidrológica de Palmer PHDI (Karl, 1986), uma vez que as condições ditadas por esta equação para a identificação do fim de um seca são demasiado rígidas do ponto de vista meteorológico. Assim, Palmer introduziu um procedimento de 'backtracking', ou retrocesso, associado a uma probabilidade percentual (P_e) que uma seca (ou evento húmido) tenha acabado. Este procedimento pode substituir valores passados do PDSI indicando condições de seca

(ou húmidas) por outros indicando o contrário, sempre que no presente P_e chegue a 100%. Para isso, Palmer introduziu três índices intermédios: X_1 relativo à severidade de um evento húmido que se pode estar a formar, X_2 relativo à severidade de um evento seco que se pode estar a formar, e X_3 relativo à severidade de um evento seco ou húmido já estabelecido. X_1 está restringido a valores não negativos e X_2 a valores não positivos; por isso sempre que os cálculos com a Eq. 4.14 violem estas regras X_1 e X_2 são igualados a zero. Uma seca considera-se estabelecida se $X_2 \leq -1$ pela primeira vez após uma seca ou evento húmido prévios terem terminado. Um evento húmido considera-se estabelecido quando $X_1 \geq 1$ após o término de um evento seco ou húmido prévios. Nessa altura $X_3 = X_1$ ou $X_3 = X_2$. Para determinar o fim de um evento seco ou húmido estabelecido ($X_3 \leq -1$ ou $X_3 \geq 1$, respectivamente) Palmer recorre então ao cálculo de P_e sempre que no mês corrente o índice de anomalia de humidade (z) tenha um sinal contrário ao do evento previamente estabelecido. Se P_e chegar a zero após ter assumido valores positivos (mas sem chegar a 100) o valor do PDSI é mantido igual ao valor de X_3 (a severidade do evento estabelecido); se P_e chegar a 100, os valores do PDSI deixam de ser iguais a X_3 , que são substituídos por X_1 ou por X_2 de acordo com algumas regras:

- i) Se $P_e = 100$ corresponder ao fim de uma seca, então nesse dia $PDSI = X_1$ e, retrocedendo no tempo até $P_e = 0$, permanece igual a X_1 até este chegar a zero, altura em que é igualado a X_2 e o mesmo procedimento se aplica a este. A substituição de valores passados do PDSI termina quando P_e atinge o valor zero.
- ii) Se $P_e = 100$ corresponder ao fim de um evento húmido, então nesse dia $PDSI = X_2$ e, retrocedendo no tempo até $P_e = 0$, permanece igual a X_2 até este chegar a zero, altura em que é igualado a X_1 e o mesmo procedimento se aplica a este. A substituição de valores passados do PDSI termina quando P_e atinge o valor zero.

Na Tabela B.1 (Anexo B) exemplifica-se a aplicação deste processo para a localidade de Évora, utilizando o PDSI original com ET-Thornthwaite.

A probabilidade P_e calcula-se com a seguinte equação:

$$P_e(i) = \frac{100 \sum_{j=0}^{j^*} U(i-j)}{Z_e(i) + \sum_{j=1}^{j^*} U(i-j)} \quad (4.16)$$

em que $Z_e(i)$ e $U(i)$ são calculados de forma distinta para o caso de uma seca estabelecida:

$$Z_e(i) = -2.691X_3(i-1) - 1.5 \quad (4.17)$$

$$U(i) = Z(i) + 0.15 \quad (4.18)$$

e para um evento húmido estabelecido:

$$Z_e(i) = -2.691X_3(i-1) + 1.5 \quad (4.19)$$

$$U(i) = Z(i) - 0.15 \quad (4.20)$$

Após uma seca ser dada como estabelecida ($PDSI \leq -1$), $U(i)$ é calculado para o primeiro mês em que $z \geq -0.15$ e para cada mês que se segue até $P_e = 100$ ou $P_e = 0$. Um raciocínio análogo é feito acerca do cálculo de $U(i)$ se, em vez de uma seca, for um evento húmido que esteja estabelecido.

O parâmetro j^* da Eq. 4.16 corresponde ao número de valores sucessivos de $U(i)$ calculados imediatamente antes do mês corrente.

Uma descrição mais aprofundada deste assunto pode ser encontrada em Alley (1984).

4.3. Modificações introduzidas no cálculo do PDSI

4.3.1. Um modelo alternativo de balanço hídrico do solo

Conforme referido anteriormente, o balanço hídrico da cultura da oliveira foi calculado com o modelo ISAREG, que é um modelo de simulação do balanço hídrico do solo visando o estudo das necessidades hídricas das culturas e necessidades de rega (Teixeira e Pereira, 1992, Pereira et al, 2003). Apesar do modelo ser utilizado principalmente para a gestão da rega, neste estudo a sua utilização limitou-se ao cálculo do balanço hídrico do solo sob condições de sequeiro. Para simular o balanço hídrico do solo, o modelo utiliza dados culturais, dados meteorológicos e dados de solo que são armazenados na base de dados. Embora os dados meteorológicos utilizados neste estudo estejam arrançados numa base mensal, o modelo executa sempre os cálculos do balanço hídrico com um passo de tempo diário, redistribuindo os dados mensais de forma igual para cada dia do mês.

A equação genérica do balanço hídrico do solo utilizada pelo ISAREG, não incluindo a rega e a ascensão capilar a partir de uma toalha freática, é:

$$\Delta R = (P - ET_a - E_s - D_r) \times \Delta t \quad (4.21)$$

onde ΔR é a variação da reserva de água no solo, P é a precipitação, E_s é o escoamento superficial da precipitação não infiltrada, ET_a é a evapotranspiração actual, D_r é a drenagem abaixo da zona radicular, e Δt é o intervalo de tempo tomado para os cálculos, variando de um dia ao mês.

A equação 4.21 simplifica-se ao considerar a precipitação efectiva $P_e = P - E_s$, tal como:

$$\Delta R = (P_e - ET_a - D_r) \times \Delta t \quad (4.22)$$

Todos os termos da equação 4.22, à excepção da precipitação efectiva, comportam-se de maneira diferente dependendo do 'nível' em que se encontra o armazenamento de água no solo:

- *Nível de percolação profunda:* nível em que existe excesso de água no solo, portanto acima da capacidade de campo, correspondendo à água gravitacional que não está imediatamente disponível para as plantas.
- *Nível de rendimento óptimo:* entre a capacidade de campo, θ_{FC} , e um limite inferior em que a água ainda pode ser facilmente extraída pelas raízes das plantas sem stress, θ_p .

- *Nível de carência hídrica*: entre θ_p e o coeficiente de emurchecimento, θ_{WP} , onde a água ainda está disponível para a planta mas requer um maior esforço de extracção pelas raízes.

A percolação profunda é considerada quando a precipitação no dia j excede a evapotranspiração máxima (ET_m) nesse mesmo dia, e eleva o teor de água no solo acima da capacidade de campo. Então:

$$\Delta R = (P_e - ET_a - D_r) \times \Delta t \quad (4.23)$$

com $ET_a = ET_m$, e $ET_m = K_c ET_o$, onde K_c é o coeficiente cultural.

Quando a água do solo está no nível de rendimento óptimo, a percolação profunda não é considerada e $ET_a = ET_m$, consequentemente:

$$\Delta R = (P_e - ET_m) \times \Delta t \quad (4.24)$$

Quando ocorre stress hídrico, ou por outras palavras, quando o teor de água no solo está abaixo do limite inferior da zona de rendimento óptimo (θ_p), a taxa de evapotranspiração actual é mais baixa do que a taxa máxima, decrescendo progressivamente enquanto o solo vai perdendo água, assim:

$$ET_{a(i+1)} = \frac{ET_{m(i+1)}}{R_{\min}} \cdot R_{(i)} \quad (4.25)$$

e

$$\Delta R = \left[P_{e(i+1)} - \frac{ET_{m(i+1)}}{R_{\min}} \cdot R_{(i)} \right] \cdot \Delta t \quad (4.26)$$

onde $ET_{m(i+1)}$ é a evapotranspiração máxima no dia $i+1$, R_{\min} é o armazenamento de água correspondente ao limite inferior da zona de rendimento óptimo, e $R_{(i)}$ é o armazenamento de água no fim do dia i .

4.3.2. Evapotranspiração do olival

4.3.2.1. Coeficientes culturais – a metodologia dos K_c duais

Nos primeiros estudos sobre o MedPDSI (Pereira *et al.*, 2005) os coeficientes culturais (K_c) adoptados para estimar a ET da cultura da oliveira foram os obtidos por Orgaz e Fereres (1997) para um olival com elevada densidade (60% cobertura do solo) em Córdoba, Sul de Espanha, onde o clima é tipicamente Mediterrânico. Estes K_c apresentam semelhanças com os obtidos por Pastor e Orgaz (1994) para a mesma região e para um olival semelhante (Tabela 4.4), mas, ao contrário destes últimos, incluem a evaporação da água a partir do solo, embora de uma forma muito simplista, o que explica os seus valores mais elevados, sobretudo para o Inverno (Fernández e Moreno, 1999). No entanto, os resultados obtidos em investigação de campo têm mostrado que para o cálculo da ET da cultura da oliveira é importante considerar separadamente as suas duas componentes, a transpiração das árvores e a evaporação de água a partir do solo, pois esta ultima pode contribuir para cerca de

30% da *ET* cultural devido à importante fracção de solo não coberta pelas árvores e portanto exposta à radiação solar (Bonachela *et al.*, 1999, 2001; Testi *et al.*, 2006). Entretanto, resultados recentes de investigação referentes à estimação da *ET* das culturas demonstraram a superioridade do uso da metodologia dos coeficientes culturais duais (Burt *et al.*, 2005; Allen *et al.*, 2005a). Assim, este método (Allen *et al.*, 1998; 2005b) foi adoptado para estimar a *ET* no balanço hídrico do olival.

Tabela 4.4. Coeficientes culturais (K_c) obtidos para olivais no Sul de Espanha

Mês	Pastor e Orgaz (1994)	Orgaz e Fereres (1997)	Pastor e Moya (2002)
Jan	0.50	0.65	0.50
Fev	0.50	0.65	0.50
Mar	0.65	0.65	0.65
Abr	0.60	0.60	0.65
Maio	0.55	0.55	0.65
Jun	0.50	0.55	0.60
Jul	0.45	0.50	0.60
Ag	0.45	0.50	0.60
Set	0.55	0.55	0.65
Out	0.60	0.60	0.65
Nov	0.65	0.65	0.65
Dez	0.50	0.65	0.50

A metodologia dos coeficientes culturais duais consiste na adopção de um coeficiente cultural basal K_{cb} para representar a transpiração da cultura e calcular um coeficiente de evaporação do solo K_e para representar a evaporação do solo. De seguida, a evapotranspiração máxima (potencial): é dada por:

$$ET_m = (K_{cb} + K_e) ET_o \quad (4.27)$$

Neste estudo, em vez de usar a Eq. 4.27 com um passo de tempo diário, como é habitual, esta equação foi usado numa base mensal (uma vez que o cálculo do balanço hídrico do PDSI é executado com um passo de tempo mensal), a fim de atribuir a cada mês da série em análise um valor de K_c que é a soma do K_{cb} para esse mês (fixo) e de um valor médio mensal de K_e representante da evaporação do solo, que irá variar de mês para mês. Como poderá ser visto mais adiante no ponto 4.3.2.4, o valor do K_e em cada mês, irá variar de acordo com o mês em causa e com a precipitação do mês anterior e do mês actual, necessitando apenas de dados mensais.

4.3.2.2. O coeficiente cultural basal (K_{cb})

Os valores mensais de K_{cb} adoptados neste estudo para usar na Equação 4.27 apresentam-se na Tabela 4.5. Estes K_{cb} foram calculados a partir dos valores de K_c obtidos experimentalmente por Pastor e Moya (2002) (Tabela 4.4) para um olival muito denso (> 50% de cobertura do solo) na província de Jaén, Sul de Espanha, ajustando-os a condições de baixa densidade, típicas de olivais de sequeiro. Mais propriamente, os valores de K_{cb} da Tabela 4.5 dizem respeito a um olival hipotético com 30% de cobertura do solo. Os valores de K_c de Pastor e Moya (2002) são aqui considerados como K_{cb} , i.e., representando apenas a transpiração das árvores, uma vez que, embora não referido

explicitamente pelos autores, consideram claramente desprezível a evaporação da água a partir do solo. Isto é notório nomeadamente no Inverno, com valores de K_c muito mais baixos (0.5) em relação a outros K_c estimados ou medidos por vários investigadores (Villalobos et al., 2000; Testi et al., 2004; Testi et al., 2006; Orgaz et al., 2006), que são próximos de 1 durante o Inverno devido à importante contribuição da evaporação da água a partir do solo. Além disso os valores de K_c de Pastor e Moya (2002) são próximos dos de Pastor e Orgaz (1994), os quais, como já referido atrás, consideram a evaporação do solo desprezível (Fernández e Moreno, 1999). Apesar dos valores de K_c de Pastor e Orgaz (1994) terem sido utilizados com sucesso em numerosos estudos sobre as necessidades hídricas do olival na região Mediterrânica (Fernández *et al.*, 1997; Fernández *et al.*, 1998; Palomo et al., 2002; Er-Raki et al., 2008), preferiu-se utilizar os valores de K_c de Pastor e Moya (2002) porque estes sofrem um decréscimo menos acentuado da Primavera para o Verão relativamente aos primeiros, devido ao encerramento parcial dos estomas causado pelo elevado défice de pressão de vapor da atmosfera (DPV), o que parece vantajoso quando aplicado a regiões mais húmidas do Noroeste de Portugal, em que DPV é menor no Verão. Este menor declínio dos K_{cb} no Verão está também em consonância com alguns estudos sobre a ET do olival na região Mediterrânica, como o de Villalobos et al. (2000), Testi et al. (2006) e Orgaz et al. (2006).

Tabela 4.5. Valores médios mensais do coeficiente cultural basal, K_{cb} , coeficiente de evaporação, K_e , e coeficiente cultural médio, K_c ($K_c = K_{cb} + K_e$), referentes ao período 1965-2000 para 4 localidades no Alentejo.

Mês	K_{cb}	K_e	K_c
Jan	0.34	0.53	0.87
Fev	0.34	0.50	0.84
Mar	0.43	0.31	0.74
Abr	0.43	0.30	0.73
Maio	0.43	0.22	0.65
Jun	0.40	0.09	0.49
Jul	0.40	0.02	0.42
Ag	0.40	0.01	0.41
Set	0.43	0.11	0.54
Out	0.43	0.34	0.77
Nov	0.43	0.46	0.89
Dez	0.34	0.52	0.86

A metodologia seguida para ajustar os valores de K_{cb} do olival de Pastor e Moya (2002) para o olival com 30% de cobertura aqui considerado é a apresentada em Allen *et al.* (2007) e Allen e Pereira (2009). Esta metodologia utiliza um coeficiente de densidade K_d [0-1] que diminui os valores de K_{cb} de acordo com a seguinte equação:

$$K_{cb} = K_{cmin} + K_d (K_{cbfull} - K_{cmin}) \quad (4.28)$$

onde K_{cmin} é o valor de K_c para solo descoberto (na ausência de vegetação), cujo valor é cerca de 0.15 em condições agrícolas típicas e K_{cbfull} é o K_{cb} estimado para condições de cobertura total ou quase total do solo.

O coeficiente de densidade é estimado a partir da seguinte equação (Allen *et al*, 2007; Allen e Pereira, 2009):

$$K_d = \min \left(1, M_L f_{c \text{ eff}}, f_{c \text{ eff}}^{\left(\frac{1}{1+h} \right)} \right) \quad (4.29)$$

onde $f_{c \text{ eff}}$ é a fracção da superfície do solo efectivamente coberta ou sombreada pela vegetação [0.01-1] perto do meio-dia solar, h é a altura da cultura (m), e M_L é um multiplicador [1.5-2.0] da $f_{c \text{ eff}}$ descrevendo o efeito da densidade do copado no sombreamento e no valor máximo relativo da ET por fracção de solo sombreado. Para copados, como árvores ou culturas plantadas aleatoriamente (não-linha), o parâmetro M_L na Eq. 4.29 varia geralmente entre 1.5 e 2.0, dependendo da densidade do copado.

No presente estudo utilizou-se $f_{c \text{ eff}} = 0.3$, $h = 3.0$ metros e $M_L = 2.0$. A utilização de $M_L = 2.0$ deveu-se a que, com este valor, os valores de K_{cb} resultantes da Equação 4.28 se aproximam mais de outros valores de K_{cb} encontrados por outros autores, como Fernández *et al.* (1998) e Villalobos *et al.* (2000), para oliveiras com o mesmo grau de cobertura.

4.3.2.3. O coeficiente de evaporação do solo - K_e

Para arranjar um procedimento que possa estimar um K_e médio mensal para usar na Equação 4.27, variando de mês para mês de acordo com a precipitação e que é calculado apenas com dados mensais, necessitou-se de aplicar a metodologia dos K_c duais diariamente durante um período de calibração (usando 4 conjuntos de dados meteorológicos independentes), a fim de gerar valores diários de K_e e assim estudar a relação entre a precipitação e a evaporação do solo. Os valores diários de K_e foram calculados com um balanço hídrico diário relativamente a uma camada evaporativa de solo de 0.1 m, exigindo assim a adopção de um passo de tempo diário para a precipitação e ET_o . A equação seguinte é usada para calcular K_e :

$$K_e = K_r (K_{c \text{ max}} - K_{cb}) \leq f_{ew} K_{c \text{ max}} \quad (4.30)$$

onde K_r é um coeficiente de redução da evaporação, $K_{c \text{ max}}$ é o valor máximo de K_c a seguir a uma chuva ou rega, K_{cb} é o coeficiente cultural basal e f_{ew} é a fracção do solo humedecida pela rega ou pela precipitação e que está exposta à radiação solar.

Os cálculos referem-se ao período de 1965 a 2000, utilizando dados meteorológicos diários das estações de Évora, Beja, Elvas e Alvalade.

A Tabela 4.5 apresenta a média mensal dos valores de K_e e K_c (calculado como $K_{cb} + K_e$) relativa ao período 1965-2000 para as 4 estações analisadas, resultantes da aplicação da metodologia dos K_c duais. Pode ser observado que, durante os meses chuvosos, quando a evaporação do solo é significativa, os valores mais elevados para K_e produzem maiores valores de K_c . Os valores finais de K_c apresentam uma tendência semelhante aos de Villalobos *et al.* (2000), Orgaz *et al.* (2006) e Testi *et al.* (2006).

4.3.2.4. Estimação de K_e com dados mensais de precipitação e ET_o

A metodologia descrita no ponto anterior requer dados diários de precipitação e ET_o para calcular o coeficiente de evaporação (K_e). Tais dados diários não estão disponíveis em muitos locais ou para séries longas, o que exige um procedimento para estimar K_e a partir de dados mensais. O procedimento consiste na atribuição de um K_e médio mensal para cada mês da série em causa, com base na precipitação do mês corrente e do mês anterior. Assim, foram criadas classes de precipitação para o mês corrente e para o mês anterior, e um valor único de K_e , variando sazonalmente, foi atribuído a cada par de classes (Tabela 4.6). Estas classes de precipitação foram criadas com base no pressuposto que uma precipitação entre 20 e 30 mm, é mais provável de produzir valores mais elevados de K_e no próprio mês ou no mês seguinte do que uma precipitação entre 10 e 20 mm.

Para atribuir a cada par de classes de precipitação um dado valor de K_e , começou-se por aplicar diariamente a metodologia dos K_c duais para o período 1965-2000 e para as 4 estações analisadas, usando uma folha de Excel, o que forneceu os valores diários de precipitação e K_e durante aquele período. O processo começa por procurar na série de valores diários de precipitação e K_e , correspondências entre as precipitações mensais num dado mês, por ex. Janeiro (obtidas por somatório das precipitações diárias), e uma dada classe anterior de precipitação, por ex. $P_{i-1} < 10$. Cada vez que uma correspondência é encontrada, a precipitação diária no mês seguinte é igualada a zero, forçando assim os valores diários de K_e do mês seguinte (neste caso Fevereiro) a depender apenas da precipitação do mês anterior. Mais propriamente os valores diários de K_e em Fevereiro passam a depender das condições de humidade da camada superficial (evaporativa) do solo no final de Janeiro, as quais dependem da precipitação ocorrida em Janeiro. A média mensal dos K_e diários obtidos desta forma em Fevereiro é então 'colada' ao par $P_{i-1} < 10$ / Fevereiro, com o intuito de criar uma amostra significativa de K_e médios mensais associados a este par, donde se possa extrair um valor médio de K_e . Este K_e corresponde assim ao K_e expectável de ocorrer em Fevereiro quando a precipitação no mês anterior (neste caso Janeiro) pertence à classe $P_{i-1} < 10$. Este processo continua para a classe $P_{i-1} < 10$ até que todos os pares deste $P_{i-1} < 10$ / Janeiro até $P_{i-1} < 10$ / Dezembro possuam um K_e médio representativo. Depois o processo é repetido para as restantes classes anteriores de precipitação.

No passo seguinte, a série de valores diários de precipitação e K_e é inspeccionada por forma a encontrar correspondências entre a precipitação mensal num dado mês, por exemplo Fevereiro (obtida por somatório das precipitações diárias), e uma dada classe corrente de precipitação, por exemplo $P_i \leq 5$. Seguindo um procedimento análogo ao descrito acima, cada vez que uma correspondência é encontrada a precipitação diária do mês anterior (neste caso Janeiro) é igualada a zero, o que torna os valores diários de K_e do mês corrente (Fevereiro) dependentes exclusivamente da precipitação deste mês. A média mensal dos K_e diários obtida desta maneira é então colada ao par $P_i \leq 5$ / Fevereiro, com o objectivo de criar uma amostra significativa de valores de K_e médios mensais, donde se possa obter um K_e médio representativo. Este K_e pode ser assim visto como o K_e médio mensal expectável de ocorrer em Fevereiro quando a precipitação neste mês se enquadra na classe $P_i \leq 5$ e a precipitação em Janeiro é nula. Mais uma vez esta operação é repetida para os

restantes pares desde $P_i \leq 5$ / Janeiro até $P_i \leq 5$ / Dezembro, até que cada um possua um K_e médio representativo, sendo depois a operação estendida para as restantes classes correntes de precipitação.

Finalmente, os valores finais de K_e , tal como constam da Tabela 4.6, são obtidos somando para cada combinação de classes anterior e corrente de precipitação e determinado mês do ano, os dois valores de K_e obtidos conforme indicado acima.

Tabela 4.6. Variação do K_e influenciado pela precipitação no mês corrente e no mês anterior.

	$P_{i-1} < 10$ mm					$10 < P_{i-1} < 20$ mm				
	$P_i < 5$	$5 < P_i < 10$	$10 < P_i < 20$	$20 < P_i < 30$	$30 < P_i < 40$	$P_i < 5$	$5 < P_i < 10$	$10 < P_i < 20$	$20 < P_i < 30$	$30 < P_i < 40$
Jan	0.01	0.03	0.10	0.24	0.27	0.13	0.19	0.22	0.31	0.44
Fev	0.04	0.08	0.09	0.18	0.26	0.13	0.17	0.19	0.28	0.42
Mar	0.01	0.02	0.04	0.10	0.18	0.02	0.03	0.04	0.20	0.26
Abr	0.01	0.03	0.06	0.13	0.24	0.03	0.06	0.09	0.14	0.20
Mai	0.01	0.03	0.08	0.10	0.18	0.02	0.04	0.07	0.16	0.19
Jun	0.01	0.03	0.07	0.08	0.15	0.01	0.04	0.07	0.10	0.15
Jul	0.00	0.02	0.06	0.09	0.12	0.00	0.03	0.06	0.10	0.12
Ago	0.00	0.03	0.05	0.06	0.11	0.00	0.03	0.05	0.06	0.11
Set	0.01	0.06	0.07	0.10	0.17	0.02	0.07	0.10	0.16	0.25
Out	0.02	0.05	0.08	0.13	0.22	0.03	0.06	0.08	0.16	0.28
Nov	0.01	0.06	0.07	0.12	0.22	0.03	0.08	0.16	0.23	0.28
Dez	0.01	0.07	0.10	0.16	0.18	0.07	0.11	0.14	0.34	0.43

	$20 < P_{i-1} < 30$ mm					$P_{i-1} > 30$ mm				
	$P_i < 5$	$5 < P_i < 10$	$10 < P_i < 20$	$20 < P_i < 30$	$30 < P_i < 40$	$P_i < 5$	$5 < P_i < 10$	$10 < P_i < 20$	$20 < P_i < 30$	$30 < P_i < 40$
Jan	0.16	0.19	0.24	0.41	0.47	0.21	0.33	0.34	0.42	0.47
Fev	0.15	0.17	0.20	0.39	0.50	0.28	0.29	0.36	0.44	0.51
Mar	0.06	0.10	0.11	0.20	0.28	0.17	0.17	0.22	0.25	0.35
Abr	0.06	0.08	0.09	0.16	0.20	0.06	0.11	0.12	0.21	0.25
Mai	0.02	0.06	0.12	0.17	0.21	0.02	0.08	0.13	0.17	0.23
Jun	0.01	0.06	0.07	0.10	0.17	0.03	0.06	0.09	0.15	0.18
Jul	0.01	0.03	0.08	0.10	0.12	0.01	0.03	0.12	0.12	0.17
Ago	0.01	0.03	0.05	0.06	0.11	0.01	0.04	0.05	0.06	0.11
Set	0.03	0.08	0.11	0.20	0.22	0.04	0.08	0.11	0.20	0.22
Out	0.03	0.07	0.08	0.18	0.32	0.10	0.17	0.19	0.20	0.32
Nov	0.05	0.10	0.21	0.35	0.36	0.05	0.22	0.28	0.35	0.43
Dez	0.12	0.14	0.24	0.46	0.49	0.16	0.25	0.32	0.46	0.52

A fim de organizar um procedimento com base nas considerações anteriores, que permita realizar os cálculos de K_e de uma forma sequencial e automática, foi realizada uma análise de regressão multivariada com base na Tabela 4.6. A partir da Tabela 4.6, podem ser consideradas três variáveis, consistindo em: 1) a mediana de cada classe 'anterior' de precipitação, 2) a mediana de cada classe de 'corrente' de precipitação, e 3) a média mensal da ET_o para cada mês do ano (mm dia-1) relativo ao período 1965-2000 para os 4 locais analisados. A variável dependente é, obviamente, o coeficiente de evaporação, K_e .

Para realizar a análise de regressão multivariada, também se dividiu os meses do ano em dois períodos, um de Outubro a Maio e outro de Junho a Setembro, porque com esta distinção, os indicadores estatísticos mostraram um melhor ajuste entre os valores previstos e os da Tabela 4.6. As seguintes 2 equações foram alcançadas, a primeira relativa a Outubro a Maio e a segunda a Junho a Setembro:

$$K_e = 0.109 - 0.0527ET_o(i) + 0.00758P(i) + 0.00256P(i - 1) \quad (4.31a)$$

$$K_e = 0.149 - 0.029ET_o(i) + 0.00419P(i) + 0.00093P(i - 1) \quad (4.31b)$$

onde $ET_o(i)$ é a evapotranspiração de referência média mensal no mês i calculada pelo método FAO Penman-Monteith [mm dia^{-1}], $P(i-1)$ é a precipitação no mês $i-1$ [mm], e $P(i)$ é a precipitação no mês i [mm].

As Equações 4.31a e 4.31b são limitadas a $P(i-1) \leq 60$ mm e $P(i) \leq 60$ mm porque para valores mais elevados de precipitação os valores de K_e estimados a partir destas equações tendem a sobrestimar a média mensal dos valores de K_e calculados com dados diários.

Para testar este procedimento, os valores da ET do olival calculados com dados mensais e coeficientes culturais estimados conforme indicado acima foram comparados com os obtidos com dados diários, ou seja, quando se usaram os valores diários de K_e . Para a análise comparativa, utilizaram-se dados referentes às estações de Évora, Beja, Elvas, Alvalade, Bragança, Vila Real, Viseu e Coimbra. Faz-se notar que as quatro primeiras estações possuem 36 anos de dados diários, enquanto as quatro últimas possuem apenas 10 anos de dados diários. Os resultados na Fig. 4.2 mostram que as estimativas mensais da ET máxima ou potencial do olival usando os valores ajustados para K_e são próximos dos obtidos usando dados meteorológicos diários: os coeficientes da regressão forçada à origem são próximos de 1.0 e os coeficientes de determinação (R^2) estão acima 0.88.

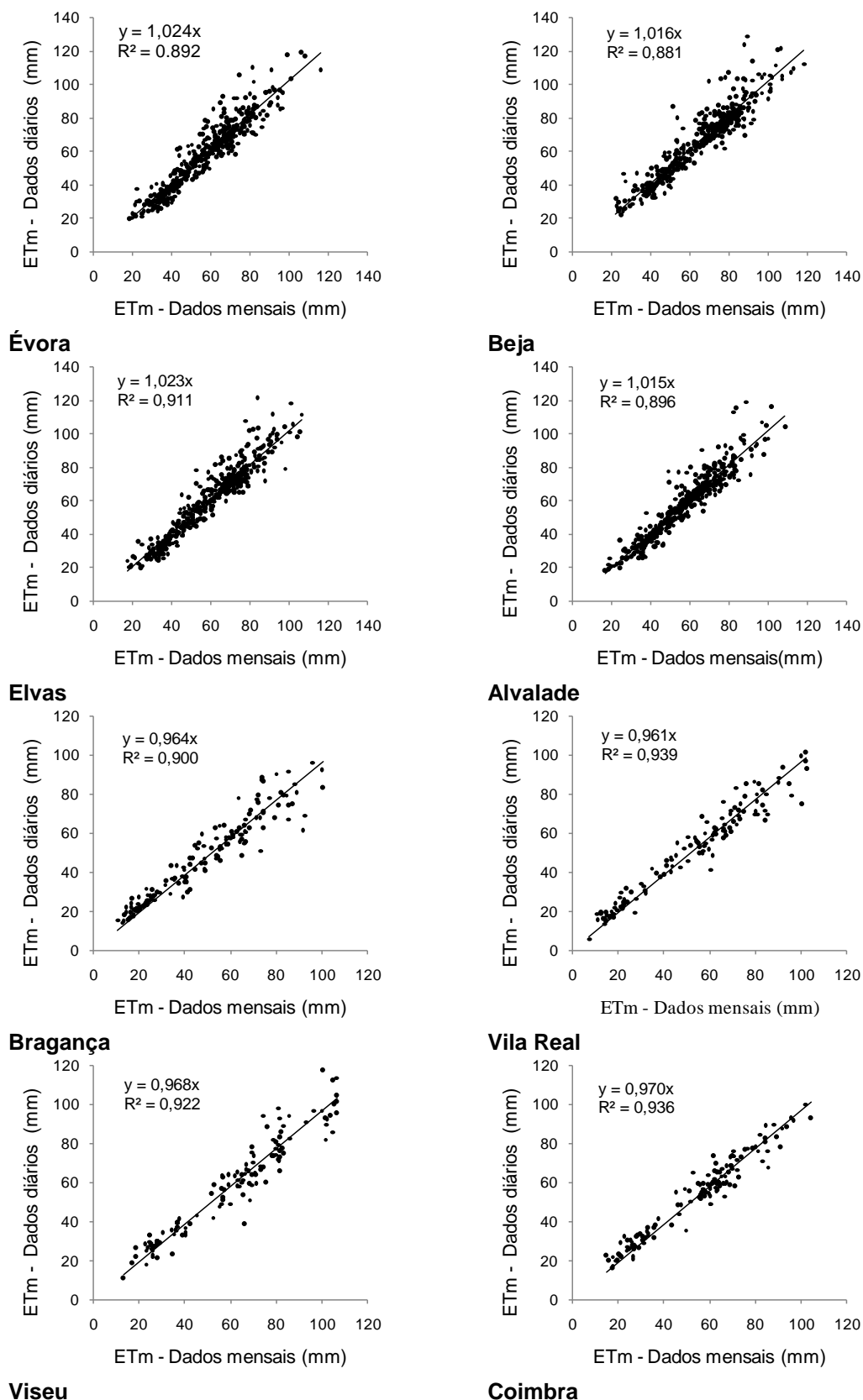


Fig. 4.2. Comparação dos valores mensais da ET máxima ou potencial do olival calculados com dados diários e com dados mensais, para as localidades de Évora, Beja, Elvas, Alvalade, Bragança, Vila Real, Viseu e Coimbra.

5. Resultados

5.1. Índice de Severidade de seca de Palmer - PDSI

5.1.1. Comparação dos termos do balanço hídrico do solo pelos métodos original e MedPDSI

Os diferentes modelos de balanço hídrico do solo e métodos de cálculo da ETP, tais como os utilizados por Palmer (1965) e os utilizados no MedPDSI (ISAREG + ETP olival), produzem diferenças ao nível dos termos do balanço hídrico, mesmo utilizando dados meteorológicos e capacidades de armazenamento do solo semelhantes ($TAW = 150$ mm). Interessa então analisar estas diferenças, utilizando a localidade de Elvas como exemplo. Primeiro far-se-á uma comparação entre o método utilizado pelo MedPDSI e o método original de Palmer, com a ET deste calculada pelo método de Thornthwaite, e de seguida substituindo neste último a equação de Thornthwaite pelo método FAO Penman-Monteith.

ISAREG-olival vs. Método Original ET-Thornthwaite

A evapotranspiração actual (ET_a), que pode diferir da evapotranspiração potencial (ETP) no caso de ocorrer stress hídrico, tem um andamento similar em ambos os métodos ISAREG-olival e Palmer-original, embora as diferenças entre os valores calculados por um e outro método possam ser significativas (Fig. 5.1 e Tabela 5.1). A ET_a calculada com o modelo ISAREG para a cultura de oliveira é mais elevada do que a calculada com o método original de Palmer (ET-Thornthwaite) durante o Inverno, Primavera e meados/fim do Outono, e menor do que a do segundo para o Verão (excepto em Agosto), e princípio do Outono. Isto pode ser observado na Fig. 5.1, pela antecipação dos picos de ET_a no caso do método ISAREG-olival, que ocorrem no fim da Primavera (mais deslocados para a esquerda) e no início do Verão (mais à direita) no caso do método de Palmer original. Da Tabela 5.1. também se pode concluir o exposto acima, i.e., valores médios mais altos da ET_a durante Inverno, Primavera e meados do Outono no caso do ISAREG-olival, e mais altos em Junho, Julho, Setembro e Outubro no caso do método original. Isto está relacionado com a maior ETP calculada para o olival no Inverno, Primavera e Outono em relação à equação de Thornthwaite usada pelo método original, devido aos elevados valores de K_c do olival induzidos pela importante evaporação de água do solo, e à maior ETP calculada com a equação de Thornthwaite durante o Verão.

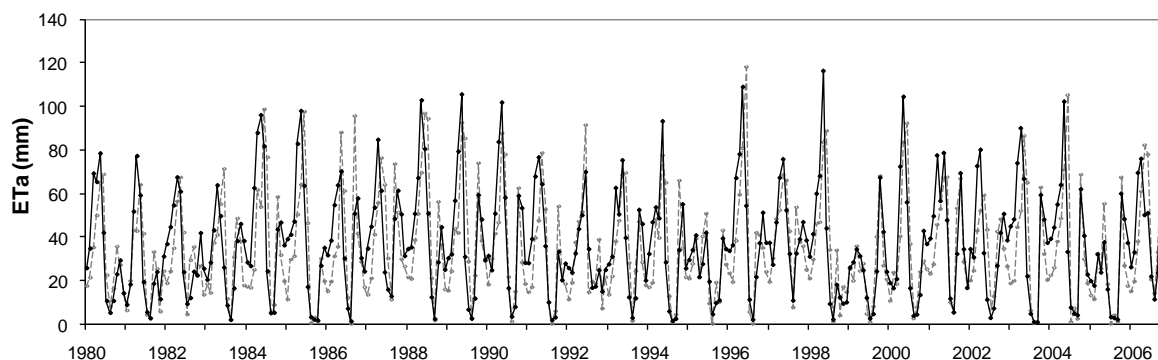


Fig. 5.1. Séries temporais da evapotranspiração actual ET_a [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite (—□—) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.

O armazenamento de água no solo (ASW) tal como calculado pelo método original e modificado apresenta-se na Figura 5.2. Os resultados nesta figura e também os apresentados na Tabela 5.1 mostram que ASW é consideravelmente superior durante o Inverno e Primavera quando se utiliza o método original de Palmer, mas superior no caso do método ISAREG-olival durante o Verão e o Outono. Este aspecto está em consonância com o exposto acima acerca do diferente comportamento da ET_a num método e no outro.

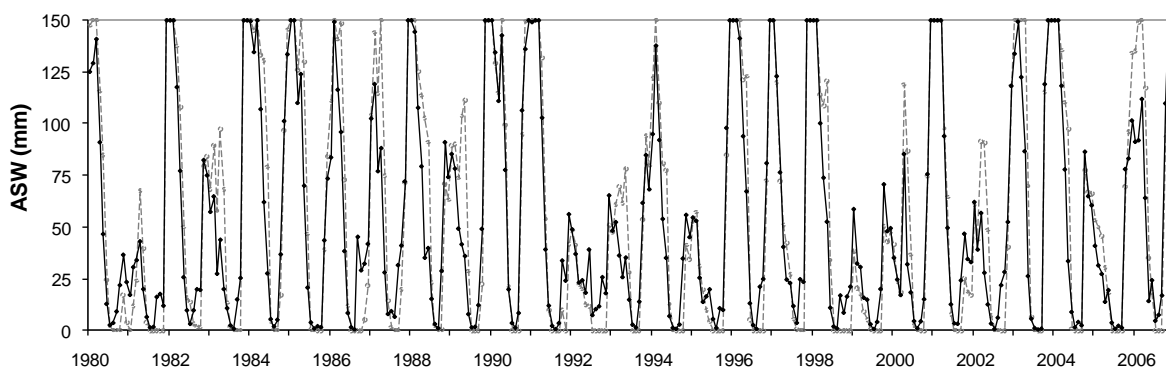


Fig. 5.2. Séries temporais do armazenamento de água no solo no fim do mês ASW [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite (□-□-□) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (●-●-●), Alcácer do Sal.

A recarga de água no solo (Fig 5.3) tem um andamento similar em ambos os métodos, i.e., os picos de recarga ocorrem geralmente na mesma altura, no final do Outono e início do Inverno, embora ocorram diferenças significativas nos valores da recarga, que são geralmente mais elevados no método original de Palmer. No entanto no método ISAREG-olival, a ocorrência de recarga de água no solo é por vezes antecipada em relação ao método original de Palmer, sendo mais frequente observá-la nos meses de Setembro e Outubro, tal como é demonstrado na Tabela 5.1 pelos valores médios mais elevados da recarga durante estes meses.

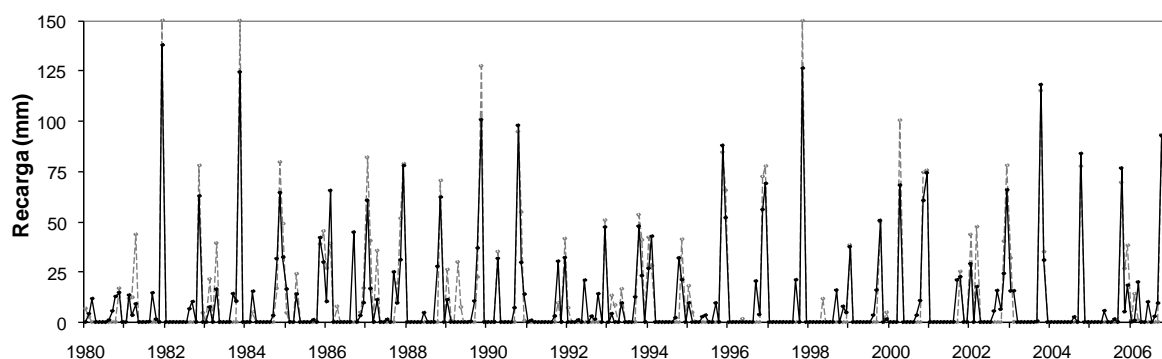


Fig. 5.3. Séries temporais da recarga de água no solo [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite (□-□-□) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (●-●-●), Elvas.

A depleção ou esgotamento de água do solo (Fig. 5.4) ocorre quando a ET num determinado mês excede a precipitação desse mês, necessitando a vegetação de ir buscar água previamente armazenada no solo para satisfazer as suas necessidades hídricas. A depleção tem um comportamento algo diferente nos dois métodos, ocorrendo os valores máximos mais cedo no caso do método ISAREG-olival, principalmente no fim da Primavera (Maio), enquanto que no método original de Palmer os valores máximos ocorrem principalmente no início do Verão (Junho), sendo consideravelmente mais elevados neste último caso. Isto está relacionado com a maior ETP do olival, durante a Primavera e com a maior ETP para o método original de Palmer durante o Verão. Estas conclusões também são facilmente tiradas a partir da Tabela 5.1, que mostra valores médios mais altos da depleção durante a Primavera no caso ISAREG-olival e mais altos durante o início do Verão para o método original.

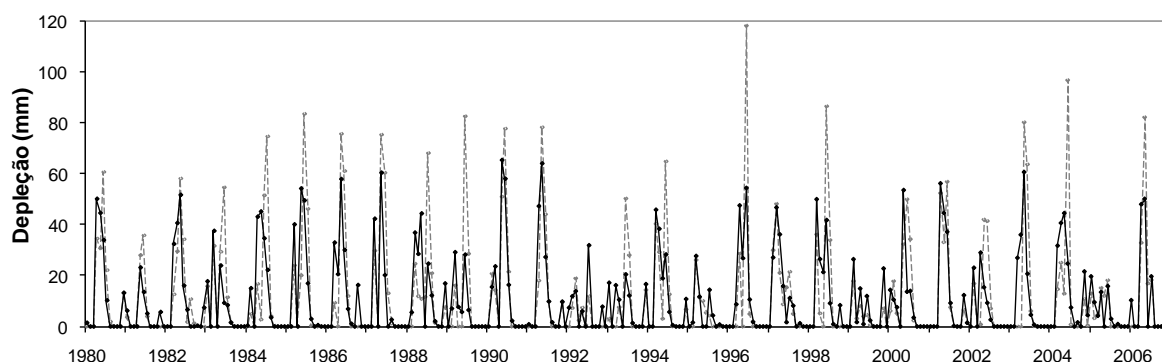


Fig. 5.4. Séries temporais da depleção ou perda de água no solo [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite (□) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (●), Elvas.

O escoamento (Fig 5.5 e Tabela 5.1) apresenta um comportamento geral similar nos dois métodos, com ocorrência dos picos de escoamento geralmente na mesma altura (final do Outono e Inverno), embora o escoamento seja observado mais frequentemente quando se utiliza o método original de Palmer.

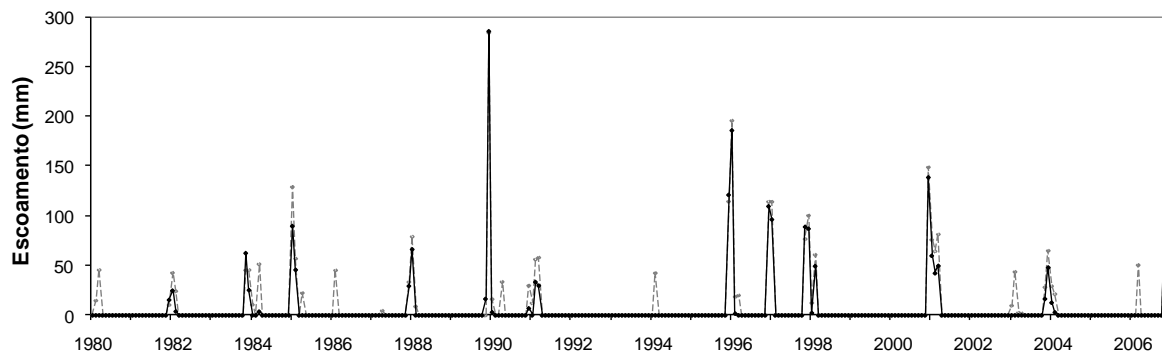


Fig. 5.5. Séries temporais do escoamento [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET-Thornthwaite (□) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (●), Elvas.

Tabela 5.1. Valores médios mensais (1941-2006) do armazenamento de água no solo (ASW), evapotranspiração actual (ET_a), recarga de água no solo (R), depleção de água no solo (L) e escoamento (RO) obtidos com o método de balanço original de Palmer (ET – Thornthwaite) e com o método MedPDSI.

Mês	ISAREG-olival					Palmer original ET Thornthwaite				
	ASW [mm]	ET_a [mm]	R [mm]	L [mm]	RO [mm]	ASW [mm]	ET_a [mm]	R [mm]	L [mm]	RO [mm]
Jan	110,1	31,2	13,6	2,6	26,7	117,0	16,4	17,2	1,0	36,3
Fev	115,2	36,5	10,1	5,0	22,6	124,9	21,1	11,3	3,4	35,1
Mar	105,0	60,6	5,0	15,2	13,8	123,2	35,8	5,4	7,1	30,2
Abr	81,5	73,1	3,5	27,0	0,9	118,2	48,0	7,4	12,4	7,5
Mai	43,1	78,1	0,6	39,0	0,0	86,0	70,6	0,7	32,8	1,2
Jun	17,9	47,3	0,8	26,0	0,0	31,4	76,7	0,0	54,6	0,0
Jul	4,5	16,9	0,0	13,4	0,0	2,0	32,9	0,0	29,4	0,0
Ago	2,8	5,9	1,0	2,7	0,0	0,3	6,0	0,0	1,7	0,0
Set	13,8	16,2	11,3	0,4	0,0	0,8	26,6	0,6	0,1	0,0
Out	38,3	37,9	26,0	1,4	0,2	21,1	42,2	20,8	0,4	0,2
Nov	71,2	37,5	35,3	2,5	5,9	64,3	27,9	44,4	1,1	5,1
Dez	99,0	29,4	29,6	1,8	22,1	100,8	18,4	37,2	0,8	24,5

Em climas mais húmidos do que o de Elvas é natural que os termos do balanço tenham um comportamento diferente tanto para o método ISAREG-olival como para o método original de Palmer (ET-Thornthwaite). No entanto a análise feita atrás parece suficiente para elucidar que, usando metodologias de balanço hídrico do solo e métodos de cálculo de ETP diferentes, produzem-se resultados necessariamente diferentes.

ISAREG-olival vs. Método Original ET FAO Penman-Monteith

Passa-se de seguida à comparação do método de balanço hídrico modificado utilizado pelo MedPDSI (ISAREG-olival) e o método original de Palmer mas utilizando agora neste último a ET calculada pela metodologia da FAO Penman-Monteith. Os resultados gráficos resumir-se-ão ao armazenamento de água no solo (ASW) e à ET_a , sendo os restantes termos do balanço apresentados na Tabela 5.2, em termos de valores médios mensais. A localidade utilizada para fazer a comparação é a mesma, Elvas.

A substituição do método de Thornthwaite para o cálculo da ETP pelo método FAO Penman-Monteith no modelo de balanço hídrico original de Palmer, conduz a resultados significativamente diferentes ao nível da ET_a e logo a conclusões diferentes quando se compara com o método ISAREG-olival. A ETP resultante do método FAO-PM é superior em todo o ano relativamente à ETP calculada pelo método de Thornthwaite, o que faz com que durante os meses húmidos (fim do Outono, Inverno e início/meio da Primavera), quando as condições de stress hídrico são raras, a ET_a também seja mais elevada. Assim quando a ET_a resultante do método original com esta nova formulação da ETP é comparada com o método ISAREG-olival, conclui-se que esta é maior do que no método ISAREG-olival durante o Outono, Inverno e início/meados da Primavera, mas menor do que a deste último no Verão, ao contrário do que acontecia quando a ETP do método original era estimada pela equação de

Thornthwaite (Fig. 5.6). Este aspecto é facilmente elucidado na Tabela 5.2, onde os valores médios da ET_a resultantes do método de balanço hídrico original são claramente inferiores no fim da Primavera (Maio) e no Verão relativamente ao método ISAREG-olival, sucedendo o contrário nos restantes meses do ano.

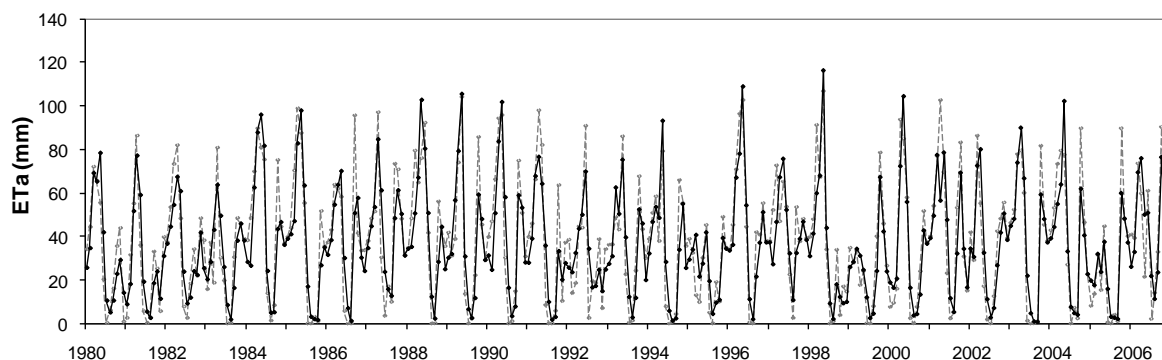


Fig. 5.6. Séries temporais da evapotranspiração actual ET_a [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET FAO Penman-Monteith (- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.

Tabela 5.2. Valores médios mensais (1941-2006) do armazenamento de água no solo (ASW), evapotranspiração actual (ET_a), recarga de água no solo (R), depleção de água no solo (L) e escoamento (RO) obtidos com o método de balanço original de Palmer (ET – FAO PM) e com o método MedPDSI.

Mês	ISAREG-olival					Palmer original ET FAO PM				
	ASW [mm]	ET_a [mm]	R [mm]	L [mm]	RO [mm]	ASW [mm]	ET_a [mm]	R [mm]	L [mm]	RO [mm]
Jan	110,1	31,2	13,6	2,6	26,7	87,0	35,2	16,2	4,1	22,7
Fev	115,2	36,5	10,1	5,0	22,6	90,5	42,5	11,5	8,0	18,1
Mar	105,0	60,6	5,0	15,2	13,8	79,0	63,6	5,9	17,3	12,1
Abr	81,5	73,1	3,5	27,0	0,9	51,9	77,3	2,2	29,3	0,3
Mai	43,1	78,1	0,6	39,0	0,0	18,9	72,7	0,2	33,2	0,0
Jun	17,9	47,3	0,8	26,0	0,0	2,0	38,9	0,0	16,9	0,0
Jul	4,5	16,9	0,0	13,4	0,0	0,0	5,5	0,0	2,0	0,0
Ago	2,8	5,9	1,0	2,7	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0
Set	13,8	16,2	11,3	0,4	0,0	0,2	26,9	0,2	0,0	0,0
Out	38,3	37,9	26,0	1,4	0,2	13,7	49,3	13,7	0,2	0,0
Nov	71,2	37,5	35,3	2,5	5,9	45,7	40,6	33,9	1,8	3,6
Dez	99,0	29,4	29,6	1,8	22,1	74,8	34,0	32,4	3,3	16,2

Na Figura 5.7 pode-se constatar que, ao contrário do que sucedia com a utilização da equação de Thornthwaite para cálculo da ETP, a substituição desta pela ETP calculada pelo método FAO Penman-Monteith, leva a que os valores de ASW se tornem consideravelmente inferiores relativamente ao método ISAREG-olival. Isto deve-se, obviamente à maior ETP estimada pelo método FAO Penman-Monteith, que conduz a um maior consumo da água do solo.

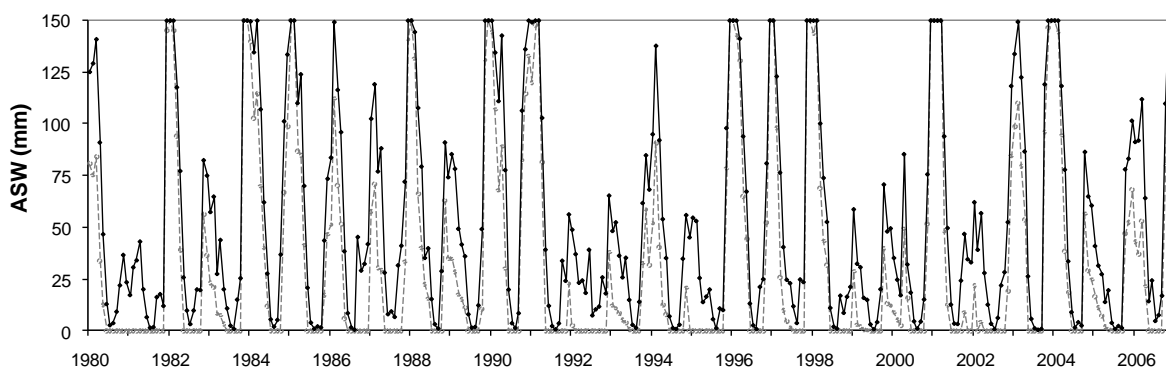


Fig. 5.7. Séries temporais do armazenamento da água no solo ASW [mm] calculadas com o modelo original de Palmer ET - FAO Penman-Monteith (- □ -) e com o modelo ISAREG para a cultura da oliveira (—●—), Elvas.

Quanto à recarga de água no solo, verificou-se que esta tem um comportamento similar em ambos os métodos (original FAO PM e ISAREG-olival), i.e., os valores máximos ocorrem no final do Outono e início do Inverno. No entanto deixa de existir a tendência verificada na comparação ISAREG-olival vs. método original ET-Thornthwaite, para a recarga ser nitidamente superior neste ultimo caso em meados/final do Outono (Novembro e Dezembro) relativamente ao método ISAREG-olival, sendo inclusivamente, agora, os valores da recarga mais elevados em Novembro no caso ISAREG-olival do que no método original FAO-PM.

A depleção de água do solo no caso do método original com ET dada pela metodologia FAO PM é antecipada em relação ao caso do método original com a ET de Thornthwaite, passando os valores máximos da depleção a ocorrer no fim da Primavera (Maio), tal como no método ISAREG-olival. Refere-se ainda que a depleção da água do solo é bastante superior no método ISAREG-olival durante o Verão relativamente ao método original (ET FAO-PM), devido a uma melhor gestão da água disponível no solo pela cultura da oliveira (valores baixos de K_c no Verão), comparativamente à ETP potencial FAO Penman-Monteith que origina um esgotamento quase total da água do solo nos meses de Verão.

O escoamento é geralmente coincidente em ambos os métodos, mas ocorre com mais frequência no caso do ISAREG-olival e os valores tendem a ser maiores (Tabela 5.2).

5.1.2. Coeficientes Climáticos

Nas Tabelas 5.3 e 5.4 apresentam-se, para a localidade de Elvas, os valores mensais dos coeficientes climáticos, α_i , β_i , γ_i e δ_i definidos na Eq. 4.9 (necessários para o cálculo do desvio de humidade d_i) respeitantes, respectivamente, à comparação MedPDSI vs PDSI original ET Thornthwaite e MedPDSI vs PDSI original ET FAO Penman-Monteith. Uma vez que os coeficientes climáticos são determinados pelo comportamento dos termos do balanço hídrico a que dizem respeito, observam-se diferenças consideráveis entre o método MedPDSI e o método original de Palmer para ambos os métodos de cálculo da ET.

Tabela 5.3. Valores mensais dos coeficientes climáticos em Elvas, calculados com o método de balanço original de Palmer (ET - Thornthwaite) e com o método do MedPDSI (ISAREG-olival)

	ISAREG-olival				Palmer original ET-Thornthwaite			
	α_i	β_i	δ_i	γ_i	α_i	β_i	δ_i	γ_i
Jan	0,986	0,268	0,09	0,171	0,992	0,35	0,063	0,23
Fev	0,985	0,253	0,143	0,148	0,991	0,342	0,165	0,22
Mar	0,965	0,143	0,271	0,087	0,967	0,215	0,23	0,18
Abr	0,937	0,078	0,424	0,008	0,931	0,277	0,308	0,06
Mai	0,854	0,009	0,629	0	0,864	0,021	0,55	0,014
Jun	0,564	0,008	0,745	0	0,635	0	0,821	0
Jul	0,208	0	0,897	0	0,222	0	0,953	0
Ag	0,08	0,007	0,746	0	0,043	0	0,965	0
Set	0,237	0,077	0,159	0	0,264	0,004	0,738	0
Out	0,584	0,191	0,131	0,005	0,674	0,139	0,882	0,004
Nov	0,836	0,316	0,115	0,05	0,899	0,344	0,108	0,051
Dez	0,947	0,376	0,073	0,139	0,998	0,435	0,053	0,161

Interessa sobretudo analisar o coeficiente α respeitante ao rácio entre a ET actual e a ET potencial, pelo seu significado biológico e agrónomico. Este coeficiente mantém-se relativamente perto de 1 durante o Outono, Inverno e Primavera, uma vez que nestas estações do ano a disponibilidade de água no solo não é normalmente limitativa da ET potencial (ETP), decrescendo progressivamente ao longo do Verão, à medida que o stress hídrico imposto pelo baixo teor de água no solo devido à fraca precipitação, determina uma séria redução da ETP. Na Tabela 5.3 constata-se que a referida redução da ETP no Verão é um pouco mais acentuada no ISAREG-olival do que no método original quando este utiliza a ET dada pela equação de Thornthwaite, o que está relacionado com a menor ETP calculada por este último método durante a Primavera, determinando assim maiores teores de água no solo no início do Verão disponíveis para satisfazer a ETP. No entanto faz-se notar que enquanto que a ETP de Thornthwaite representa uma medida genérica da procura climática, dependente apenas da temperatura média mensal e da latitude, não representando pois qualquer cultura, a ETP do olival foi aproximada por uma metodologia padrão e universalmente aceite e validada para estimar a ET das culturas: a metodologia dos Kc duais aliada ao cálculo da ET_0 pelo método FAO Penman-Monteith.

Quando no método de balanço hídrico original se utiliza a ETP FAO Penman-Monteith, a redução da ETP no Verão devida ao stress hídrico é ainda mais drástica, com $\alpha_i \approx 0.2$, ou seja a ET actual corresponde apenas a cerca de 2% da ETP durante Julho e Agosto (Tabela 5.4). Este carácter pouco realístico pode ser facilmente elucidado, pensando num relvado de sequeiro em pleno Alentejo.

Em climas mais húmidos do que o de Elvas é natural que os coeficientes climáticos tenham um comportamento diferente tanto para o método ISAREG-olival como para o método original de Palmer (para ambos os métodos de cálculo da ETP). Assim, por exemplo, para localidade de Braga pôde-se constatar que devido ao clima mais húmido durante todo o ano relativamente a Elvas, existe uma menor redução da ET_a relativamente à ETP, logo o coeficiente α é notoriamente superior em qualquer dos métodos ISAREG-olival, Palmer original ET-Thornthwaite e Palmer original ET-FAO PM.

Tabela 5.4. Valores mensais dos coeficientes climáticos para a localidade de Elvas, calculados com o método de balanço original de Palmer (ET – FAO PM) e com o método do MedPDSI (ISAREG-olival)

	ISAREG-olival				Palmer original ET- FAO PM			
	α_i	β_i	δ_i	γ_i	α_i	β_i	δ_i	γ_i
Jan	0,986	0,268	0,09	0,171	0,9	0,215	0,181	0,164
Fev	0,985	0,253	0,143	0,148	0,843	0,183	0,266	0,14
Mar	0,965	0,143	0,271	0,087	0,808	0,099	0,397	0,091
Abr	0,937	0,078	0,424	0,008	0,741	0,031	0,579	0,004
Mai	0,854	0,009	0,629	0	0,515	0,002	0,713	0
Jun	0,564	0,008	0,745	0	0,226	0	0,806	0
Jul	0,208	0	0,897	0	0,027	0	0,764	0
Ag	0,08	0,007	0,746	0	0,023	0	1	0
Set	0,237	0,077	0,159	0	0,201	0,002	1	0
Out	0,584	0,191	0,131	0,005	0,57	0,091	1	0
Nov	0,836	0,316	0,115	0,05	0,795	0,248	0,254	0,039
Dez	0,947	0,376	0,073	0,139	0,904	0,31	0,192	0,122

5.1.3. Característica Climática - K

Dadas as deficiências apontadas por vários investigadores à formulação da característica climática (K) tal como proposta originalmente por Palmer (1965) e já mencionadas em 2.2.2.2, optou-se neste estudo por rever este factor de ponderação. Dado o sucesso da substituição da característica climática original pelo inverso do desvio padrão dos desvios de humidade mensais (d) sugerida alguns autores, nomeadamente Akinremni et al. (1996) e Ntale and Gan (2003), esta foi a aproximação seguida neste estudo. Na Tabela 5.5 mostra-se, para a localidade de Elvas, os valores do inverso do DP de d para cada mês do ano e para os 3 índices, i.e., MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO penman-Monteith.

Tabela 5.5. Valores mensais do inverso do desvio padrão ($1/DP$) dos desvios de humidade (d) para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.

Mês	1/DP - MedPDSI	1/DP – PDSI original ET - Thornthwaite	1/DP – PDSI original ET – FAO PM
Jan	0,443	0,437	0,410
Fev	0,500	0,468	0,433
Mar	0,528	0,478	0,433
Abr	0,856	0,678	0,619
Mai	0,999	0,759	0,596
Jun	1,127	0,760	0,774
Jul	2,214	0,996	2,748
Ag	2,932	2,669	2,866
Set	0,993	0,891	0,885
Out	0,564	0,510	0,485
Nov	0,444	0,435	0,408
Dez	0,365	0,368	0,343

Estes valores são próximos para os três índices e apresentam o mesmo andamento, i.e., um aumento de $1/DP$ do Inverno para o Verão e o seu decréscimo do fim do Verão para o Outono. No entanto, constatou-se que com esta nova aproximação de K os valores do índice de anomalia de humidade (z) resultavam significativamente menores (em termos absolutos) do que usando a formulação original de Palmer (1965). Isto deve-se ao facto dos valores de $1/DP$ serem menores do que os de K original, tal como se pode constatar ao comparar os valores da Tabela 5.5 com os da Tabela 5.6, esta última referente a K original. Esta constatação não impede o uso da nova formulação de K e a consequente obtenção de novos valores de z e posteriormente do próprio PDSI, pois a equação para a obtenção dos valores finais do PDSI (Eq. 4.14), que é obtida com base nos valores de z acumulados durante os períodos mais secos de várias durações, é ajustada aos novos valores de z por forma a produzir valores de $PDSI \leq -4$, teoricamente com a mesma magnitude e frequência que na formulação original de K .

Tabela 5.6. Valores mensais da formulação original da Característica Climática (K_j), calculada para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.

Mês	K_j - MedPDSI	K_j - PDSI original ET - Thornthwaite	K_j - PDSI original ET – FAO PM
Jan	1,12	1,07	1,03
Fev	1,13	1,05	1,01
Mar	1,18	1,06	1,02
Abr	1,56	1,31	1,30
Mai	1,66	1,38	1,34
Jun	1,87	1,52	1,84
Jul	2,68	2,04	3,88
Ag	3,43	3,70	4,16
Set	1,92	1,88	1,98
Out	1,30	1,16	1,16
Nov	1,10	1,04	1,00
Dez	0,96	0,93	0,89

No entanto, observou-se que com a nova K , os factores de duração (p e q) da equação para a obtenção do PDSI (Eq. 4.14), apresentavam em todas as estações analisadas neste estudo, um ‘arranjo’ quase contrário ao que seria de esperar, ou seja, em vez de resultar uma equação em que é dado mais peso ao valor prévio do PDSI (X_{i-1}), através de um coeficiente p elevado, e menor peso é dado ao valor de z do mês corrente, através de um coeficiente q mais baixo, o coeficiente q era quase da mesma ordem de grandeza de p . Isto faz com que os valores finais do PDSI apresentem um comportamento algo diferente do PDSI obtido com a K original, apesar de como já se disse, a magnitude e a frequência de valores de $PDSI < -4$ seja similar à da formulação original de K . A solução encontrada para colmatar esta situação foi baseada no próprio procedimento seguido por Palmer (1965) para obter K . Primeiro, convém realçar que, ao contrário da solução adoptada neste estudo para cálculo dos valores finais do PDSI, i.e., calcular tantas equações similares à da Eq. 4.14 quantas as estações (Ntale e Ghan, 2003; Wells et al., 2004), Palmer (1965) optou por utilizar apenas uma equação para todas as divisões climáticas nos EUA, a obtida para o Kansas e Iowa, reformulando depois K de modo a adaptar os valores resultantes de z a esta equação, de modo a

gerar valores de PDSI correspondentes a seca extrema com dimensão e frequência próximas para as várias divisões climáticas. Passa-se então a explicar o procedimento. Através da Equação 4.15, Palmer começou por calcular o valor acumulado de z para um período de 12 meses considerando um valor de $X_i = -4.0$, o que resultou em $\sum z = -25.6$. Assim, se para o período de 12 meses mais seco que existir em cada estação os valores dos desvios (d) forem acumulados, a razão entre -25.6 e este valor acumulado de d para cada estação, pode ser vista com uma ‘característica climática anual’, orientada a produzir um valor acumulado de z de -25.6 , independentemente da dimensão dos desvios acumulados de d . Assim $-25.6 / \sum d$ pode ser relacionado, através de regressão linear, com a média anual dos 12 valores mensais de $1/DP$ de d , da mesma forma que Palmer (1965) relacionou $-25.6 / \sum d$ com $\text{Log}[(T_j + 2.8)/\bar{D}_j]$ para obter a Eq. 4.12. Esta relação apresenta-se na Fig. 5.8 respeitante aos três índices MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM.

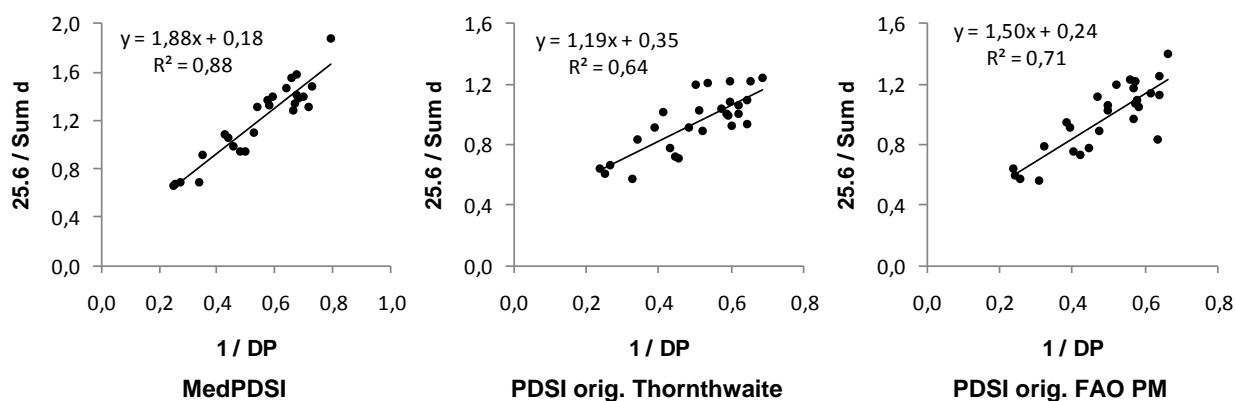


Fig. 5.8. Relação entre a característica climática média anual ($-25.6 / \sum d$) e a média anual dos desvios padrão mensais dos desvios de humidade d ($1/DP$), para as 27 estações analisadas.

Após afectar os valores de $1/DP$ para cada mês do ano tal, como constam na Tabela 5.5, pelos coeficientes das equações de regressão da Figura 5.8, aqueles sofrem um incremento, diferente consoante o índice, tal como apresentado na Tabela 5.7 para a localidade de Elvas.

Pode constatar-se que, no caso do MedPDSI, os novos valores obtidos para K são superiores aos obtidos pela formulação original de K durante a Primavera e o Verão, sendo ligeiramente inferiores a estes últimos no Outono e Inverno. No caso do PDSI original com ET-Thornthwaite, os valores de K com a nova formulação são ligeiramente inferiores à formulação original de K durante todo o ano. Quanto ao PDSI original ET - FAO PM, os novos valores de K são superiores aos da formulação original apenas em Julho e Agosto, sendo inferiores a estes últimos durante o resto do ano.

Tabela 5.7. Valores mensais do inverso do desvio padrão ($1/DP$) dos desvios de humidade (d) corrigidos de acordo com as equações da Fig. 5.8 para os métodos MedPDSI, PDSI original ET – Thornthwaite e PDSI original ET – FAO PM, respeitantes à localidade de Elvas.

Mês	MedPDSI $K_j = 1.88 \frac{1}{DP} + 0.18$	PDSI original ET - Thornthwaite $K_j = 1.19 \frac{1}{DP} + 0.35$	PDSI original ET - FAO PM $K_j = 1.50 \frac{1}{DP} + 0.24$
Jan	1,01	0,87	0,86
Fev	1,12	0,91	0,90
Mar	1,17	0,92	0,90
Abr	1,79	1,16	1,20
Mai	2,06	1,25	1,17
Jun	2,30	1,25	1,46
Jul	4,34	1,54	4,70
Ag	5,69	3,53	4,89
Set	2,05	1,41	1,64
Out	1,24	0,96	0,99
Nov	1,02	0,87	0,86
Dez	0,87	0,79	0,75

Para tentar perceber que melhorias são obtidas com esta nova formulação de K , face principalmente a duas das principais deficiências apontadas à formulação original de K , i.e., o não garante de uma verdadeira normalização do índice de anomalia de humidade (z) entre os diferentes meses do ano e entre diferentes regiões (Secção 2.2.2.2), fez-se uma análise comparativa entre as duas formulações de K para cada índice, em termos do desvio padrão de z para cada mês do ano, mais propriamente em termos da média dos valores do DP de z nas 27 estações analisadas. No entanto apresentar-se-ão não os valores médios de DP de z para as 27 estações analisadas, mas estes valores para uma subdivisão das 27 estações entre Norte do Tejo e Sul do Tejo, uma vez que se achou ser mais informativa uma análise conduzida desta maneira. Apresentar-se-ão de seguida apenas as Figuras que dizem respeito à média do DP de z nas estações a Sul do Tejo, pois é nestas que a formulação original de K apresenta as deficiências mais graves.

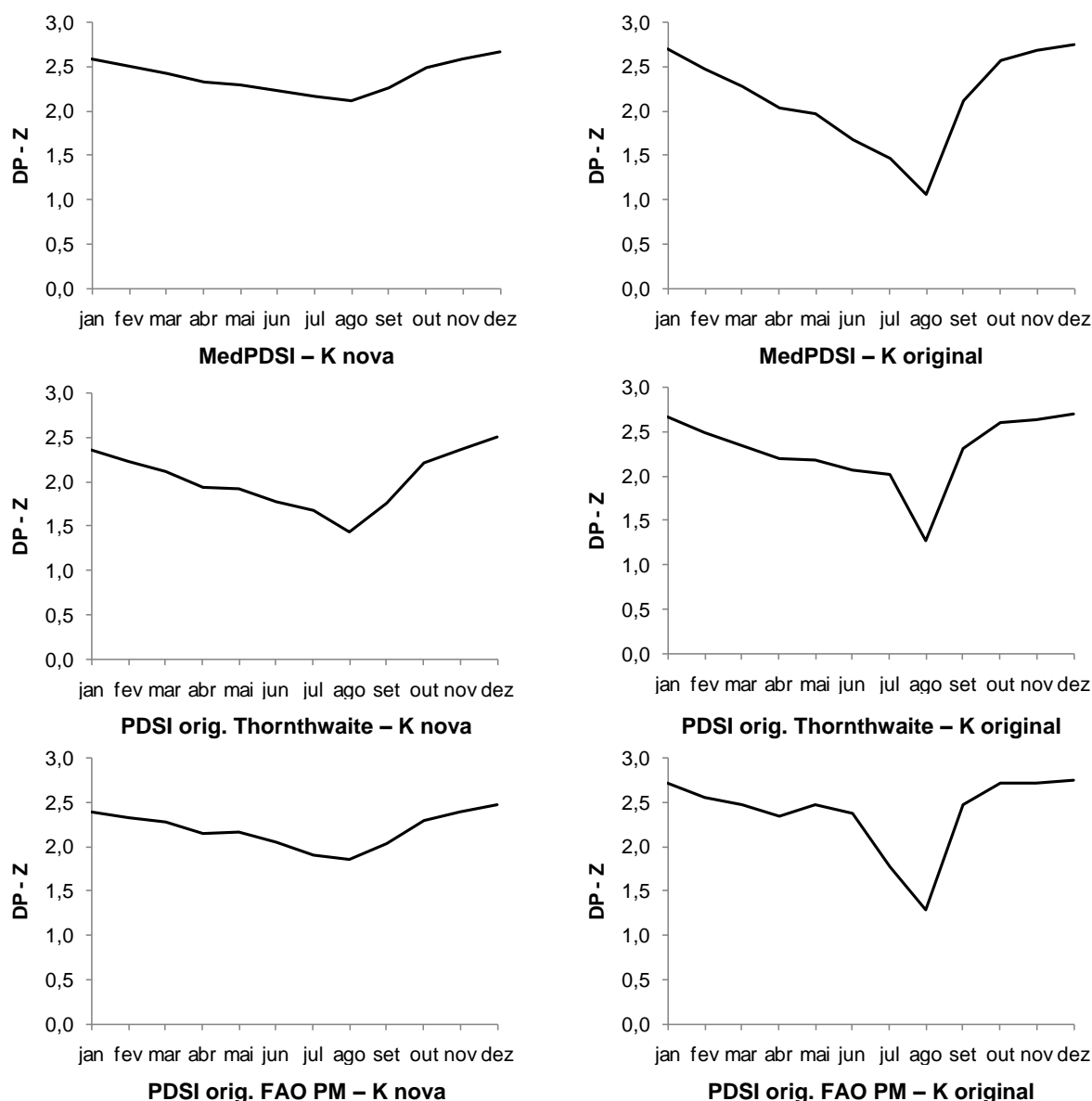


Fig. 5.9. Variação sazonal do desvio padrão (DP) do índice de anomalia de humidade (z), dado como a média, para cada mês do ano, dos DP mensais de z para 13 estações a Sul do Tejo.

Assim, na Fig. 5.9, respeitante ao conjunto das estações a Sul do Tejo, pode constatar-se que com a formulação original de K o desvio padrão de z apresenta um decréscimo fortemente acentuado do Inverno para o Verão e depois um crescimento quase simétrico do Verão novamente para o Inverno. Isto demonstra que no Inverno os valores de z têm uma amplitude de variação muito maior do que no Verão, o que é contraditório com um índice sazonalmente normalizado, como pretende ser z. Na nova formulação de K este comportamento é muito mais atenuado, principalmente no caso do MedPDSI.

Quando se consideram as restantes estações situadas a Norte do rio Tejo (Fig. C.1, Anexo C), as vantagens da nova formulação de K não são tão óbvias, constatando-se inclusivamente que, no caso do PDSI original ET-Thornthwaite, existe uma variação ligeiramente maior do DP de z ao longo do ano com a nova formulação de K relativamente à original.

Na Tabela C.1 (Anexo C) apresenta-se, para as 27 estações de analisadas, a relação expressa por regressão linear entre os valores do índice de anomalia de humidade (z) obtidos com a formulação original e com a nova formulação de K , relativamente a cada método: MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM. Pode constatar-se que, para os três índices, existe um comportamento coerente de z obtido com a antiga e com a nova formulação de K , com coeficientes de regressão próximos de um e coeficientes de determinação (R^2) muito elevados. No entanto ressaltam algumas diferenças: i) com o MedPDSI, uma vez que a nova formulação de K origina maiores valores de K , também o índice z tende a ser maior (em valor absoluto), mais marcadamente para as estações do Norte do país; ii) com o PDSI original Thornthwaite o índice z tende a ser maior (em valor absoluto) em climas muito húmidos, como por exemplo em Braga (Tabela C.1), devido ao valor de K mais elevado no Inverno nestes climas, e mais baixo em regiões mais secas, uma vez que nestas K tende a ser mais baixa durante todo o ano. iii) Com o PDSI original FAO PM as conclusões são idênticas às do anterior, embora se obtenha uma redução mais ligeira de z nos climas mais secos com a nova formulação de K relativamente à formulação original.

5.1.4. Calibração do PDSI

Para obter a relação expressa na Fig. 4.1 entre os valores acumulados de z durante os períodos mais secos de diferentes durações e essas mesmas durações (e consequentemente os factores de duração da Eq. 4.14), Palmer utilizou dados de precipitação e ETP (médias regionais) referentes a apenas duas regiões dos EUA, Kansas e Iowa central. Portanto, à partida esta equação seria apenas válida para aqueles dois estados Norte-Americanos. No entanto Palmer procedeu de maneira a que, com aquela mesma equação obtida para o Kansas e para o Iowa, o PDSI fosse calculado para todas as outras divisões climáticas (ou estados). Para isso teve de formular a característica climática de tal maneira que esta permitisse que, apesar de se utilizar a mesma equação (Eq. 4.14), a magnitude e a frequência de meses classificados como seca extrema ($PDSI \leq -4$) fosse similar em todas as regiões.

Uma solução mais lógica, foi encontrada mais recentemente por alguns investigadores, como Wells et al. (2004) e Ntale e Gan (2003) que consiste em derivar tantas 'equações de calibração' (Eq. 4.14) quanto o número de estações consideradas, o que significa que cada equação irá representar as características próprias do clima da localidade correspondente e não as de qualquer outra localidade. Este procedimento foi o seguido no presente trabalho. À semelhança do Trabalho de Wells et al. (2004) acerca do PDSI auto-calibrado, neste estudo calibrou-se o índice não apenas para os períodos mais secos registados mas também para os períodos mais húmidos, pois para estes os valores acumulados de z para diferentes durações não têm necessariamente um 'andamento' simétrico ao ao verificado para os períodos mais secos. Na Fig. 5.10 apresenta-se para a localidade de Coimbra, a relação entre os valores acumulados de z durante os períodos mais secos e durante os períodos mais húmidos de diferentes durações, e essas mesmas durações, para os três índices. Em todos eles se pode constatar que, realmente, existem diferenças consideráveis entre a acumulação de z para os períodos secos e para os períodos húmidos, com equações de regressão muito distintas. Nas Tabelas D.1 e D.2 (Anexo D) apresentam-se as equações de calibração para as restantes localidades, respectivamente, para condições extremamente secas e extremamente húmidas.

Salienta-se ainda que, para os períodos secos, se considerou não a equação da regressão linear propriamente dita, mas uma equação obtida a partir desta, com o mesmo declive, mas ajustando o valor da ordenada na origem de modo a que a nova recta passe exactamente pelo par $\sum z$ - duração que apresenta o menor valor do quociente $\sum z$ / duração, tal como ilustrado na Fig. 5.10. Isto trás vantagens, no sentido em que a frequência de meses em seca extrema se vai ajusta melhor à própria definição de eventos extremos, i.e., com valores mais baixos do que considerando a recta de regressão propriamente dita (wells et al., 2004).

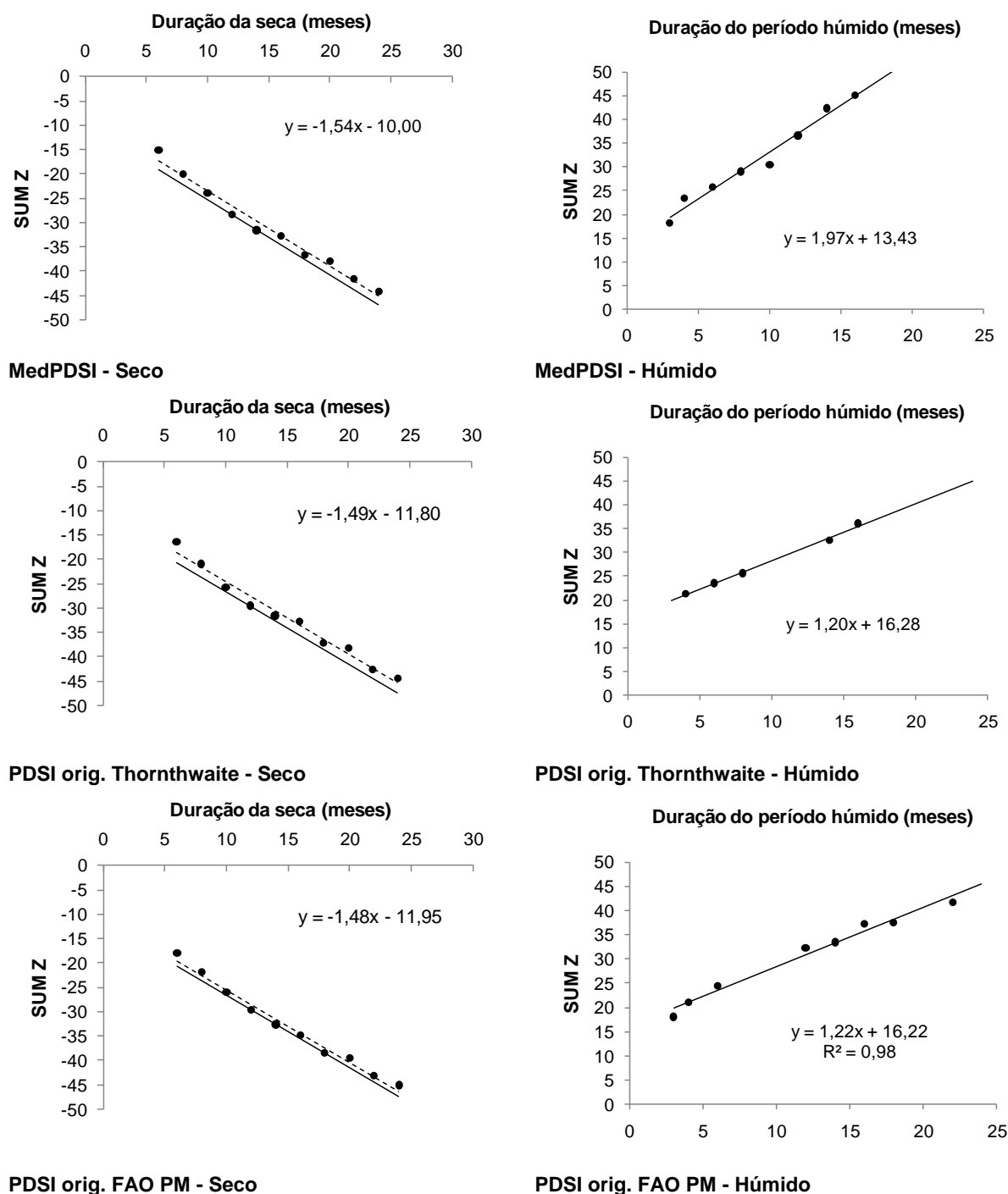


Fig. 5.10. Relação entre os valores acumulados de z para os períodos mais secos e mais húmidos de diferentes durações e essas mesmas durações, para cada método: MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, Coimbra.

A partir das equações obtidas conforme explicado acima relativas a condições extremamente secas e extremamente húmidas, calcularam-se as expressões finais de cálculo do PDSI, similares à Eq. 4.14. Ntale e Gan (2003) e Wells et al. (2004) resumem o procedimento já apresentado em 4.2.3, para obtenção dos coeficientes p e q utilizados na Eq. 4.14, nas duas seguintes equações:

$$p = 1 - \frac{a}{a + b} \quad (5.1)$$

$$q = \frac{C}{a + b} \quad (5.2)$$

onde $C = -4.00$, a é o declive da recta de regressão e b é a intersecção na origem.

Com o intuito de analisar a importância da calibração dos índices MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, calculou-se a partir das séries temporais de cada índice nas 27 estações climatológicas, o valor médio e o desvio-padrão do PDSI das 27 estações para cada mês do período analisado, para as situações de calibração e não calibração. Obtiveram-se assim 3 séries (uma para cada índice) de 792 pares de valores, média e desvio-padrão respeitantes à situação ‘calibrada’ e outras 3 séries análogas para a situação ‘não calibrada’, referentes aos meses de Janeiro de 1941 a Dezembro de 2006.

Na Fig. 5.11 pode verificar-se que o desvio padrão (DP) dos índices calibrados apresenta valores mais baixos do que o DP dos índices não calibrados, qualquer que seja a média, o que quer dizer que, no caso dos índices não calibrados, a variabilidade dos valores do PDSI pelo país num dado mês é maior. À primeira vista este aspecto parece não constituir qualquer tipo de limitação, no sentido em que realmente podem coexistir condições meteorológicas bastante díspares num dado mês entre regiões. No entanto este aumento da variabilidade do PDSI, no caso da utilização de índices não calibrados, prende-se com os valores exageradamente elevados do PDSI que por vezes são atingidos em algumas localidades quando não se recorre à calibração do índice para condições húmidas ($\text{PDSI} > 8$), i.e., enquanto que nalgumas localidades um evento extremamente húmido é caracterizado por valores do $\text{PDSI} \approx 4$, noutras essas mesmas condições húmidas podem ser traduzidas por valores de PDSI que ultrapassam em muito esse limite (Fig. 5.12). Com a calibração impõe-se assim um ‘tecto’ acima do qual os valores do PDSI não podem ultrapassar em situações extremamente húmidas.

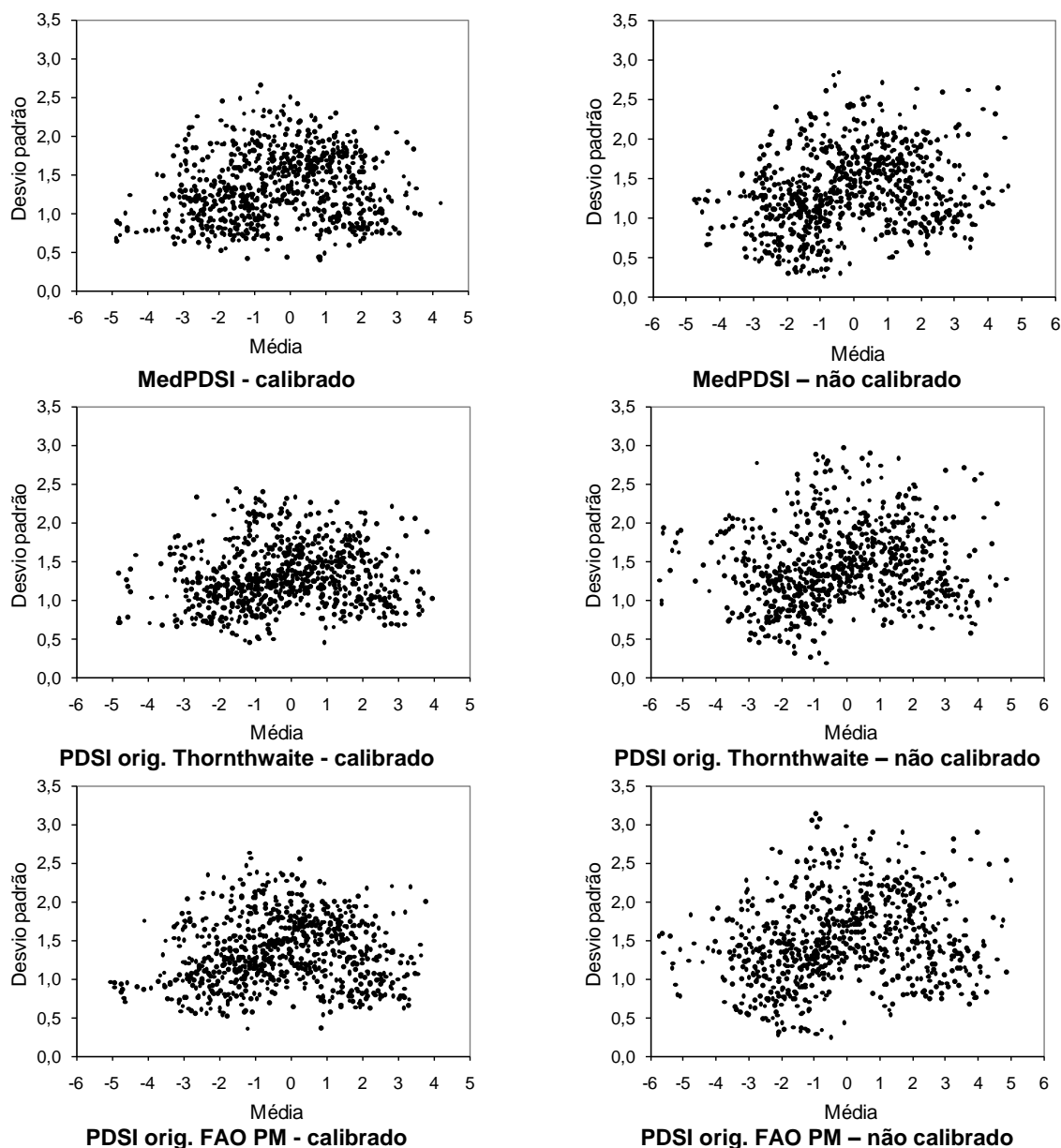


Fig. 5.11. Diagramas de dispersão dos desvios padrão vs médias mensais dos índices de seca MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, calibrados e não calibrados para as condições climáticas locais.

Outro tipo de análise aqui conduzida para a verificação das melhorias introduzidas no MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM conseguidas com a calibração destes índices, consistiu numa análise estatística sumária da distribuição da frequência das classes secas e húmidas do PDSI e a variabilidade dentro de cada classe. A partir da Fig. 5.13 pode-se concluir que a calibração produz uma distribuição das classes do PDSI muito mais próxima da normal do que a que resulta dos índices não calibrados. Assim, as classes 'humidade ligeira' e 'humidade moderada' acontecem com uma frequência muito próxima no caso dos índices não calibrados, ao passo que com a calibração dos índices acontece o que seria de esperar, i.e., um nítido aumento da frequência de ocorrência da classe 'humidade moderada' para a classe 'humidade ligeira'. Outro aspecto ainda mais importante ligado à utilidade da calibração do PDSI, é a muito maior frequência da classe 'seca ligeira' relativamente à classe 'humidade ligeira' no caso dos índices não calibrados, sendo a

frequência da primeira 1.62, 1.46 e 1.52 vezes maior do que a segunda, respectivamente, para o MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM. No caso dos índices calibrados, apesar de se verificar que existe uma tendência para as classes secas serem ligeiramente mais frequentes do que as classes húmidas, diferenças entre classes simétricas como a que se relatou acima estão longe de acontecer. Verifica-se também que, no caso dos índices não calibrados, a frequência das classes ‘seca extrema’ e ‘humidade extrema’ é muito elevada relativamente à frequência esperada para este tipo de acontecimentos extremos (excepto no caso do MedPDSI), assumindo no caso da seca extrema valores médios de 4.4% e 5.2%, respectivamente, para o PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO PM, e para a ‘humidade extrema’ valores médios de 4.2% e 5.8%, pela mesma ordem. Tendo em conta que a generalidade dos autores referem que a frequência de um acontecimento extremo, como uma seca extrema ou um evento extremamente húmido, deve ser da ordem dos 1-3% (Wells et al., 2004), os índices calibrados comportam-se bastante melhor relativamente a este aspecto, apresentando frequências da classe ‘seca extrema’ de 3.5, 2.8 e 3.6%, respectivamente para o MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM, e frequências da classe ‘humidade extrema’ de 2.0, 2.3 e 2.15%, pela mesma ordem. Por último refere-se que a variabilidade entre localidades relativamente à frequência das classes ‘seca extrema’ e ‘humidade extrema’ é menor no caso de se utilizarem índices calibrados (menos evidente no PDSI original FAO-PM), como o denota a menor amplitude de variação entre o máximo e o mínimo valor da frequência daquelas classes (ou entre o 1º e o 3º quartis) no caso da calibração relativamente à não calibração. No caso da não calibração, a maior variabilidade acontece não porque hajam regiões mais susceptíveis à ocorrência de secas extremas ou eventos extremamente húmidos do que outras (esta problemática não é aqui discutida), mas porque a equação utilizada no caso da não calibração (a Eq. 4.14 com p e q obtidos por Palmer para os EUA) é desajustada para algumas localidades. Faz-se ainda notar que, para os índices calibrados, a frequência das restantes categorias do PDSI apresentam uma variação considerável entre localidades, mais ao nível dos extremos do que entre o 1º e 3º quartis, inclusivamente mais marcada do que no caso da não calibração. Este aspecto não é tão importante quanto o relativo à variabilidade da ‘seca extrema’ e explica-se porque a calibração do PDSI é orientada sómente às classes extremas, no sentido de produzir uma frequência de meses classificados como seca extrema ($PDSI \leq -4$) similar em todas as localidades.

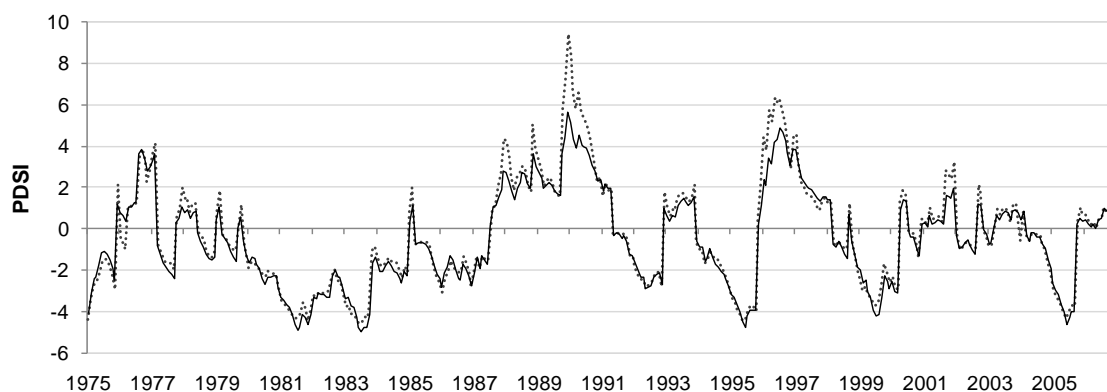


Fig. 5.12. Séries temporais do MedPDSI quando calibrado localmente para condições meteorológicas extremamente secas e húmidas (—), e sem qualquer calibração, i.e., utilizando a equação original de Palmer (1965) (.....), Faro.

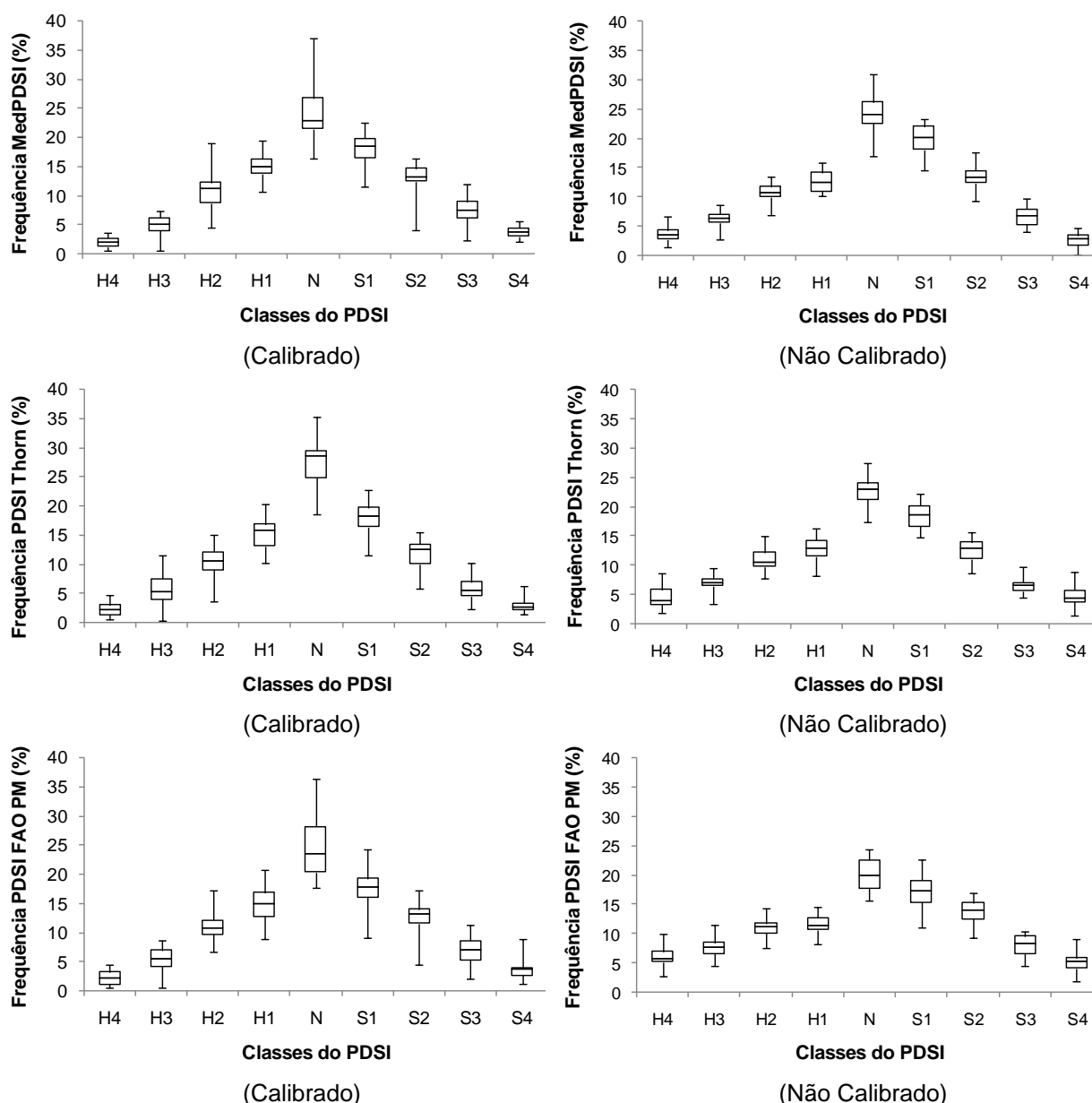


Fig. 5.13. Diagramas de extremos e quartis: mínimo (\perp), máximo (\top), 1º quartil, mediana e 3º quartil (\square), relativos à frequência de cada categoria de severidade do PDSI nas 27 localidades analisadas; H são as categorias húmidas, N são condições normais e S são as categorias de seca.

5.1.5. Análise comparativa entre o MedPDSI e o PDSI original ET-Thornthwaitte

Apesar de se terem verificado diferenças consideráveis ao nível do balanço hídrico do solo entre os métodos MedPDSI e PDSI original Thornthwaite, tal como mencionado em 5.1.1., bem como nos coeficientes climáticos (Secção 5.2.2), os resultados ao nível do índice de anomalia de humidade (z) obtidos com os dois métodos, são coerentes e apresentam um comportamento geral similar. (Tabela D.3, Anexo D). O declive da recta de regressão não é muito distante da unidade e os coeficientes de determinação (R^2) variam entre 0.86 e 0.97. No entanto os resultados da Tabela D.3 mostram que o método MedPDSI origina valores do índice de anomalia de humidade (z) que são em geral superiores (em termos absolutos) aos obtidos com o método PDSI original Thornthwaite, chegando a superar os z deste último em 18% para a localidade de Mirandela.

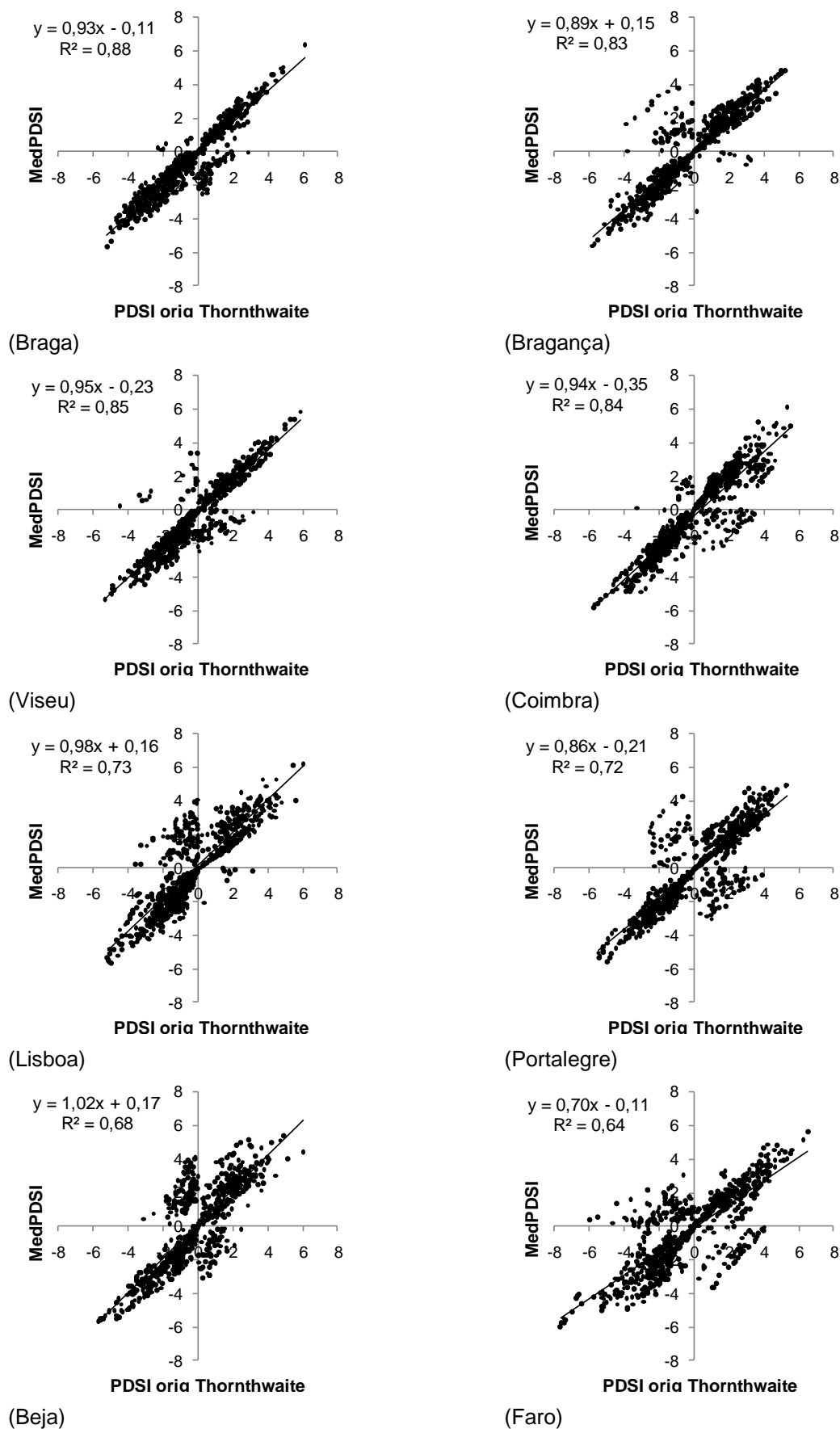


Fig. 5.14. Relação entre os valores do MedPDSI e do PDSI original ET-Thornthwaite expressa por regressão linear, com respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação R^2 .

A Fig. 5.14 mostra, para 8 localidades com diferentes nuances climáticas, um comportamento geral coerente entre as séries de valores do PDSI obtidos com os métodos MedPDSI e PDSI original Thornthwaite, tal como acontece em geral para as restantes localidades analisadas (Tabela D.4). Os coeficientes de determinação (R^2) são em geral elevados, o que evidencia uma convergência de comportamento entre os métodos, embora haja exceções para as quais R^2 é relativamente baixo, como Faro (0.64) e Vila Real de S^{to} António (0.57), evidenciando que nestes casos uma parte considerável da variância de um dos índices não é explicada pelo outro.

De facto, tal como apresentado nas Figs. 5.15 e 5.16 referentes às séries temporais do PDSI nas localidades de Braga e Elvas, respectivamente, pode-se constatar que apesar das séries do PDSI obtidas para Braga com os dois métodos evidenciarem elevada concordância entre si, já para Elvas existe um comportamento mais divergente entre os dois métodos, nomeadamente a classificação de determinados períodos como seca por um índice e por evento húmido (ou condições normais) pelo outro. Por outro lado verifica-se que, para Elvas, o MedPDSI classifica as secas mais severamente do que o PDSI original Thornthwaite, principalmente as secas ocorridas na primeira metade do período analisado (1941-1974), e tende a antecipar o seu estabelecimento e progressivo agravamento (Fig. 5.16), facto que parece não acontecer tão evidentemente para Braga.

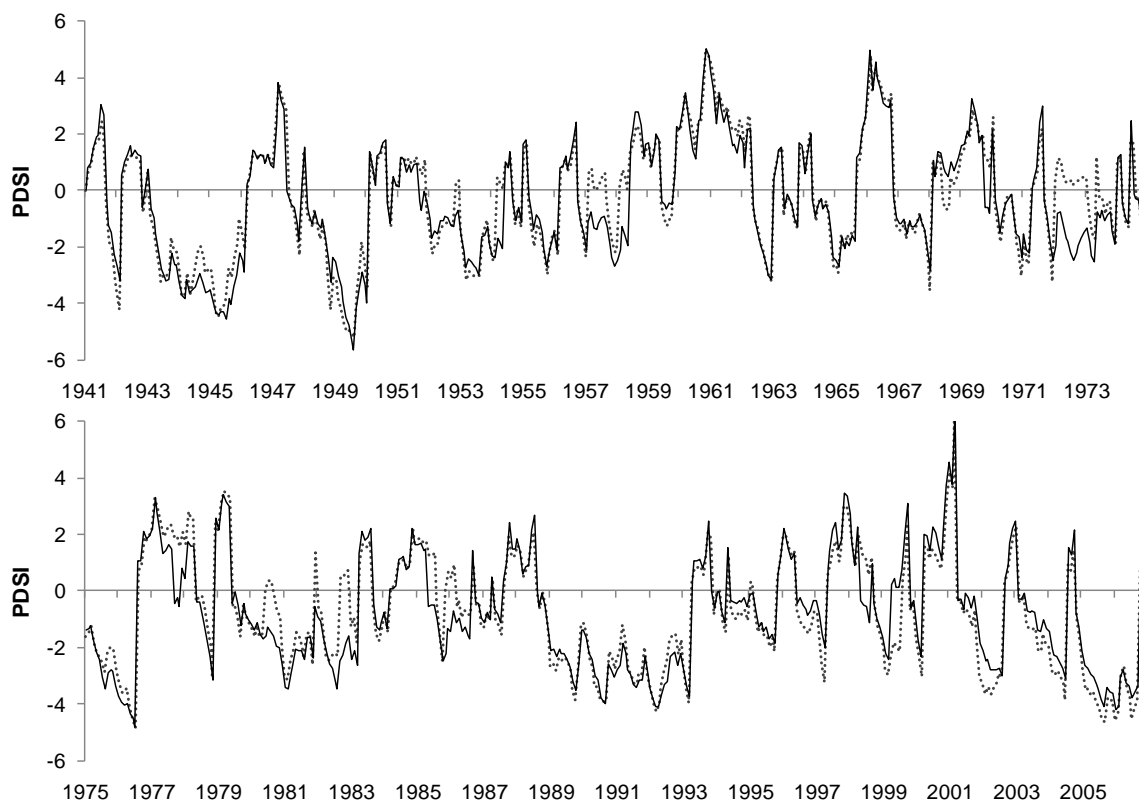


Fig. 5.15. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET-Thornthwaite(.....) para a localidade de Braga.

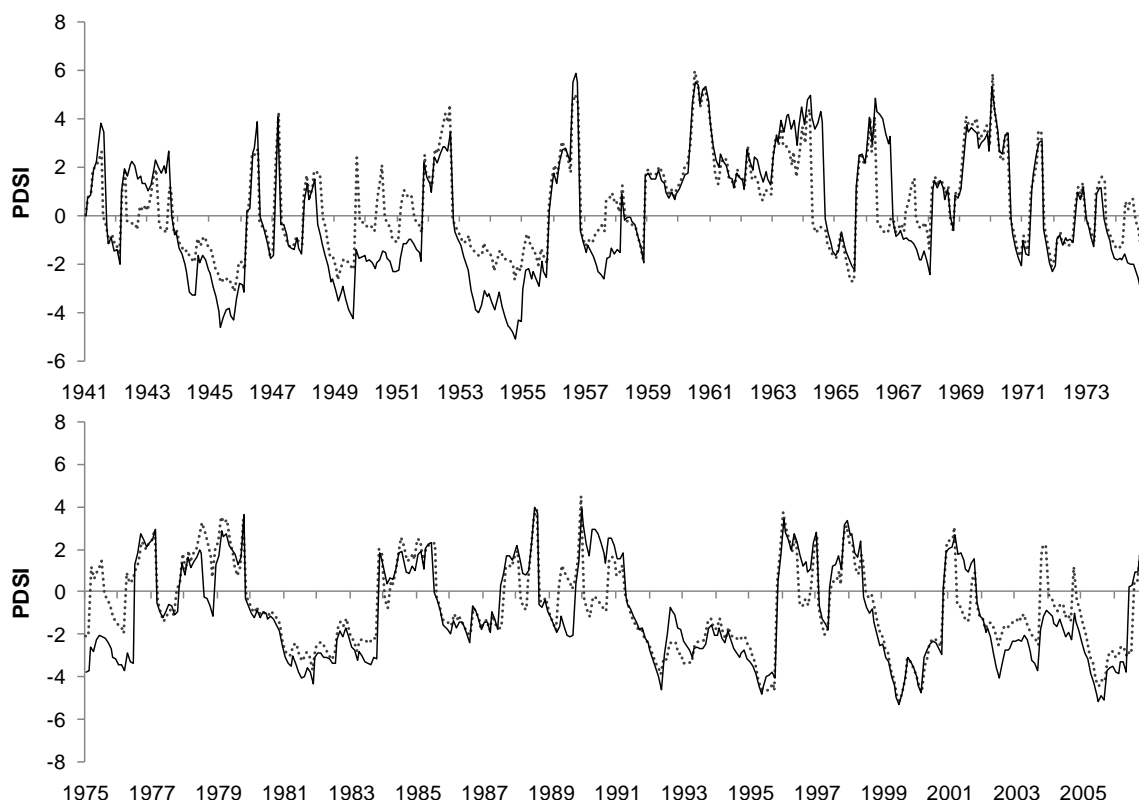


Fig. 5.16. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET-Thornthwaite(.....) para a localidade de Elvas.

De facto, constatou-se que para a maioria das localidades, existe uma tendência para os valores do MedPDSI serem mais negativos do que os do PDSI original Thornthwaite durante os episódios de seca, tal como evidenciado na Fig. 5.17, que estabelece a relação entre o MedPDSI e o PDSI original Thornthwaite para os períodos simultaneamente classificados como $PDSI < 0$, para as localidades de Beja e Alvalade. Nesta figura e também na Tabela D.5, referente a todas as localidades analisadas, fica claro que, apesar de em algumas localidades não se verificar a sobrestimação da severidade dos períodos secos por parte do MedPDSI, esta tende a ocorrer na maioria das localidades, cuja sobrestimação relativamente ao PDSI original Thornthwaite pode chegar aos 22%, tal como acontece na localidade de Elvas. Também na Figura 5.18a, em que se apresenta a frequência de ocorrência de cada uma das categorias de severidade de seca ou evento húmido, dada como uma média para as 27 localidades analisadas, se pode observar que a frequência de meses em seca moderada, severa e extrema é superior no caso do MedPDSI relativamente ao PDSI original Thornthwaite. Este aspecto é ainda mais evidente quando, ao invés de seleccionar as 27 estações, escolher apenas aquelas situadas a Sul do Tejo (Fig. 5.18b).

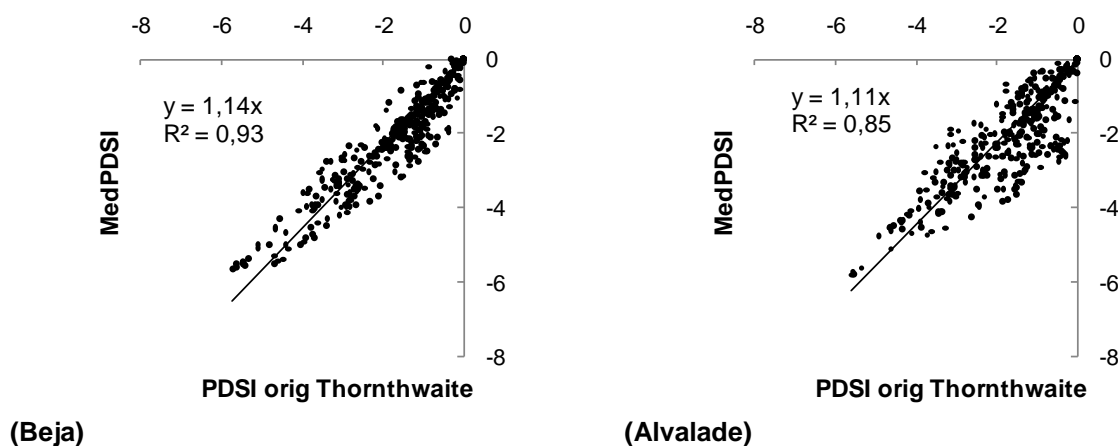


Fig. 5.17. Relação entre os valores simultaneamente negativos do MedPDSI e do PDSI original ET-Thornthwaite expressa por regressão linear, para Beja e Alvalade.

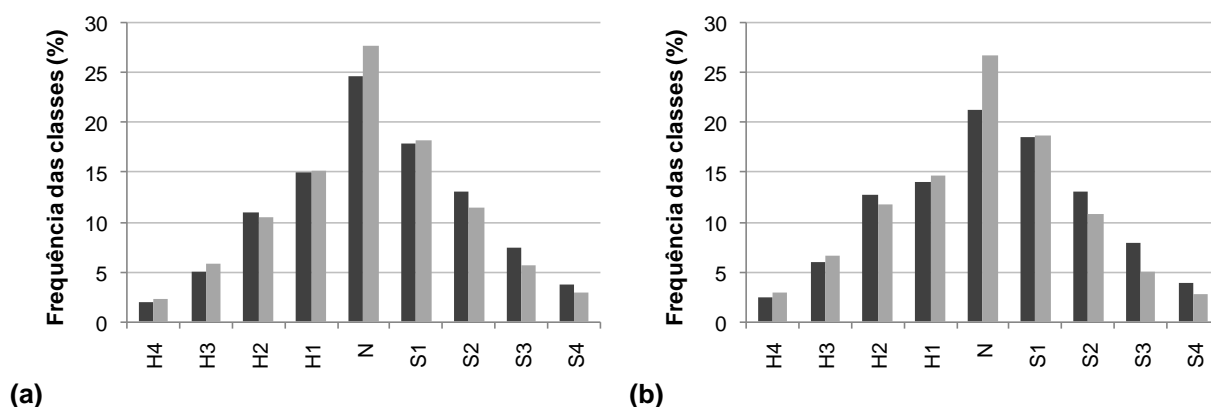


Fig. 5.18. Frequência das classes de secas produzida pelos índices MedPDSI (■) e PDSI original ET-Thornthwaite (■) para: a) as 27 estações analisadas; b) 13 estações localizadas a Sul do Tejo.

Outras das diferenças marcantes entre o MedPDSI e o PDSI original Thornthwaite diz respeito à identificação do início de uma seca. Assim verificou-se que o MedPDSI antecipa a detecção do início de uma seca em um ou mais meses relativamente ao PDSI original em 34% das secas identificadas por ambos os índices relativamente ao conjunto das 27 localidades analisadas, enquanto o PDSI original Thornthwaite identifica a seca em primeiro lugar 20% das vezes. Quando esta análise é feita considerando apenas as localidades a Sul do rio Tejo, as diferenças são ainda maiores, identificando o MedPDSI as secas em primeiro lugar em 49% dos casos contra apenas 17% no caso do PDSI original Thornthwaite. Quanto à detecção do término das secas não se verificam diferenças consideráveis entre os dois índices, verificando-se apenas que, no caso de se considerarem apenas as localidades a Sul do Tejo, existe uma ligeira tendência para o MedPDSI identificar em primeiro lugar o final das secas (19% contra 16%). Este aspecto é realçado na Tabela 5.18 e na Tabela D.9 (Anexo D) relativas às secas comumente identificadas pelos dois índices, a primeira respeitante apenas à localidade de Alcácer do Sal e a segunda para todas as localidades analisadas. Nestas

tabelas a cinzento claro destaca-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca e a cinzento escuro qual o que a dá primeiramente por terminada.

Outro aspecto que importa realçar consiste em saber qual dos índices tende a antecipar a chegada à categoria ‘seca moderada’, pois é nesta altura que os efeitos de uma seca se começam a sentir mais marcadamente. Este aspecto é caracterizado pelo tempo de confirmação para a seca (t_c), já previamente utilizado por Paulo (2004) para o SPI, e adaptado aqui para o PDSI, que consiste então no número de meses que decorre desde o início da seca ($PDSI \leq -1$) até que esta atinge a categoria ‘seca moderada’ ($PDSI \leq -2$). Na Tabela 5.8 e nas Tabela D.6 e D.7, estas últimas relativas às características médias das secas para cada uma das 27 localidades (e também as características médias do conjunto das 27 localidades), respectivamente, para o MedPDSI e PDSI original Thornthwaite, pode-se constatar que t_c é em termos médios da mesma ordem de grandeza para o MedPDSI e para o PDSI original Thornthwaite. Assim, identificando o MedPDSI primeiro o início de uma seca, a chegada a seca moderada também tende a ser antecipada, o que é uma vantagem nítida, por exemplo, para o accionamento de alertas de seca e para a tomada de medidas por parte dos agentes envolvidos. No entanto se considerarmos apenas as estações a Sul do Tejo, t_c é em média 4.3 meses para o MedPDSI e 5.5 meses para o PDSI original Thornthwaite o que significa uma antecipação da detecção da seca moderada ainda maior nesta região.

Tabela 5.8. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET-Thornthwaite em Alcácer do Sal: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

Posto	MedPDSI					PDSI original ET Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t_c	Início	Fim	Dur	Intens	t_c
174	dez 1943	fev 1946	27	-3,63	1	jan 1944	jan 1947	37	-2,45	11
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	nov 1948	out 1951	36	-2,35	3
	dez 1952	dez 1954	25	-2,14	3	jan 1953	out 1955	34	-1,8	5
	nov 1956	nov 1958	25	-2,05	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,53	23
	out 1964	ago 1965	11	-2,17	2	out 1964	ago 1965	11	-2,08	2
	set 1974	jan 1975	5	-2,26	1	out 1974	jan 1975	4	-1,68	3
	dez 1979	jun 1982	31	-2,16	6	jan 1980	out 1983	46	-1,85	12
	out 1985	jul 1987	22	-1,99	3	dez 1986	jul 1987	8	-1,56	6
	jul 1991	jul 1993	25	-2,31	4	jun 1991	mar 1993	22	-2,13	5
	set 1994	out 1995	14	-2,35	6	fev 1995	out 1995	9	-2,42	3
	out 1998	jun 1999	9	-2,65	2	nov 1998	jun 1999	8	-2,14	3
	nov 2001	jul 2002	9	-2,39	2	nov 2001	jul 2002	9	-2,05	3
	jan 2004	mai 2006	29	-3,6	3	jul 2003	jul 2006	37	-3,41	11

5.1.6. Análise comparativa entre o MedPDSI e o PDSI original ET FAO Penman-Monteith

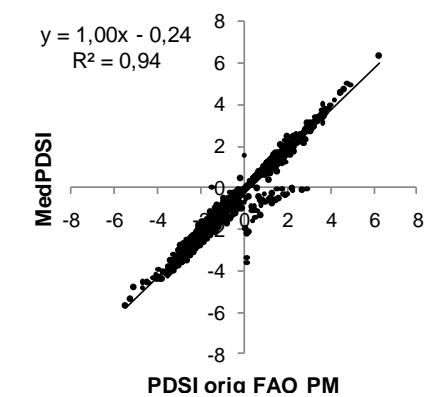
Como se verificou em 5.1.1., existem marcadas diferenças ao nível do balanço hídrico entre o PDSI original quando este utiliza a ET dada pelo método de Thornthwaite e a ET calculada pelo método FAO Penman-Monteith. Assim a comparação entre o MedPDSI e o PDSI original calculado com a ET FAO PM, resulta necessariamente diferente da comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite. Constatou-se que os resultados ao nível do índice de anomalia de humidade (z) obtidos com os métodos MedPDSI e PDSI original FAO-PM, são mais concordantes do que quando este ultimo índice utiliza a ET-Thornthwaite. Na Tabela D.3, respeitante à relação entre o z obtido pelo método

MedPDSI e o obtido pelo PDSI original FAO-PM, pode-se observar que o declive da recta de regressão é mais próximo da unidade do que no caso MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, e os coeficientes de determinação (R^2) variam entre 0.88 e 0.97, sendo também ligeiramente mais elevados do que naquela comparação. Por outro lado, a Tabela D.3 mostra que o método MedPDSI origina valores do índice de anomalia de humidade (z) apenas ligeiramente superiores (em termos absolutos) aos obtidos com o método PDSI original FAO-PM, não ultrapassando estes em mais de 7%, ao contrário da comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, em que o z obtido com o MedPDSI chegou a ultrapassar em 18% o z obtido pelo método original.

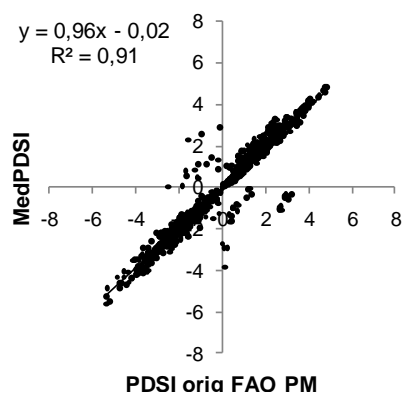
A Fig. 5.19 mostra, para 8 localidades com diferentes nuances climáticas, um comportamento geral coerente entre as séries de valores do PDSI obtidas com os métodos MedPDSI e PDSI original FAO-PM, tal como o constatado para as restantes localidades analisadas (Tabela D.4), à semelhança do que acontecia com o PDSI original Thornthwaite. No entanto, agora, os coeficientes de determinação (R^2) da relação MedPDSI vs. PDSI original FAO-PM são em geral mais elevados, o que evidencia uma maior convergência de comportamento entre os dois métodos, comparativamente a quando no método original se utilizou a ET de Thornthwaite. O coeficiente de determinação apresenta um valor mínimo de 0.71 para a localidade de Alvega e um máximo de 0.96 para o Cabo da Roca, valores consideravelmente mais elevados, sobretudo no caso do valor mínimo, do que na relação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite.

De facto, tal como apresentado nas Figuras 5.20 e 5.21 referentes às séries temporais do PDSI nas localidades de Braga e Elvas, respectivamente, pode-se constatar que, ao contrário do que sucedia com a comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, as séries do PDSI obtidas para Elvas com os dois métodos evidenciam elevada concordância entre si, à semelhança de Braga. Assim não é tão frequente a classificação contraditória em termos do sinal do PDSI de certos períodos temporais por parte dos dois métodos, e já não é tão evidente a classificação mais severa atribuída às secas por parte do MedPDSI relativamente ao PDSI original FAO-PM, o que acontecia nitidamente no caso MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite.

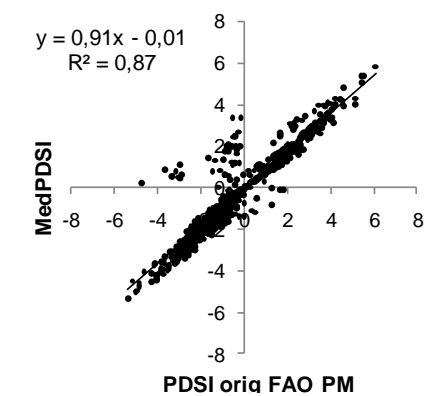
De facto, na Fig. 5.22, que estabelece a relação entre o MedPDSI e o PDSI original FAO-PM para os períodos simultaneamente classificados como PDSI < 0 , para as localidades de Beja e Alvalade, fica claro que não existe uma tendência para produzir valores mais elevados (em termos absolutos) com o MedPDSI relativamente ao PDSI original FAO-PM e vice-versa. A Tabela D.5 evidencia este aspecto para as restantes localidades: o declive da recta da regressão (b) anda para a maioria das localidades perto da unidade e o número de localidades em que b evidencia uma sobrestimação da severidade por parte do MedPDSI relativamente ao PDSI original FAO-PM é sensivelmente igual ao número de localidades em que o contrário sucede. Também na Fig. 5.23a, em que se apresenta a frequência de ocorrência de cada uma das categorias de severidade de seca ou evento húmido, dada como uma média para as 27 localidades analisadas, se pode observar que a frequência de meses em seca ligeira, moderada, severa e extrema é muito similar em ambos os métodos, inclusivamente sendo estendida, ao caso de se considerar apenas as localidades situadas a Sul do Tejo (Fig. 5.23b), ao contrário do que sucedia na comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite.



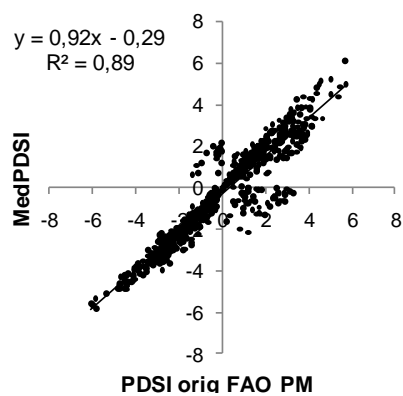
(Braga)



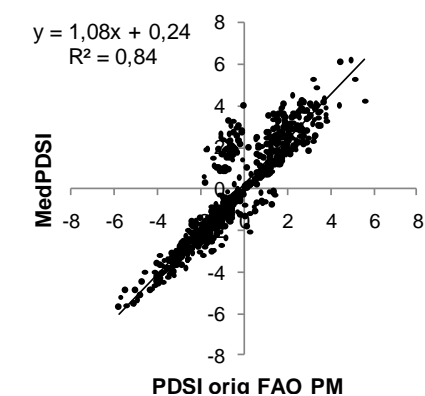
(Bragança)



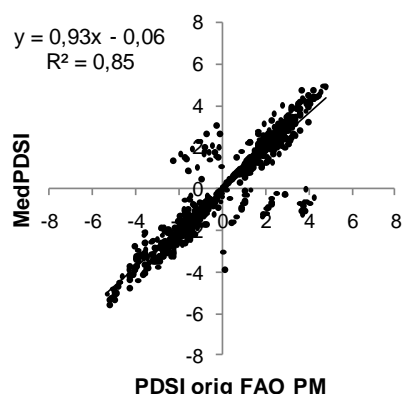
(Viseu)



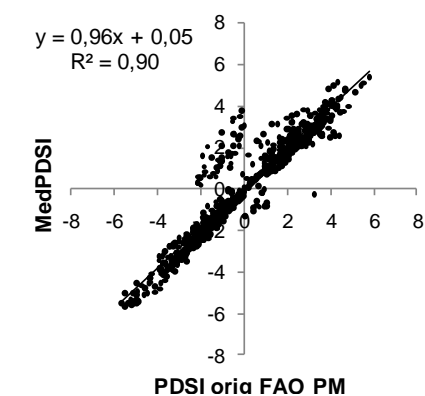
(Coimbra)



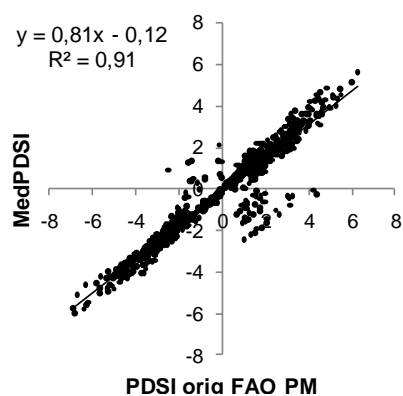
(Lisboa)



(Portalegre)



(Beja)



(Faro)

Fig. 5.19. Relação entre os valores do MedPDSI e PDSI original ET FAO Penman-Monteith expressa por regressão linear, com respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação R^2 .

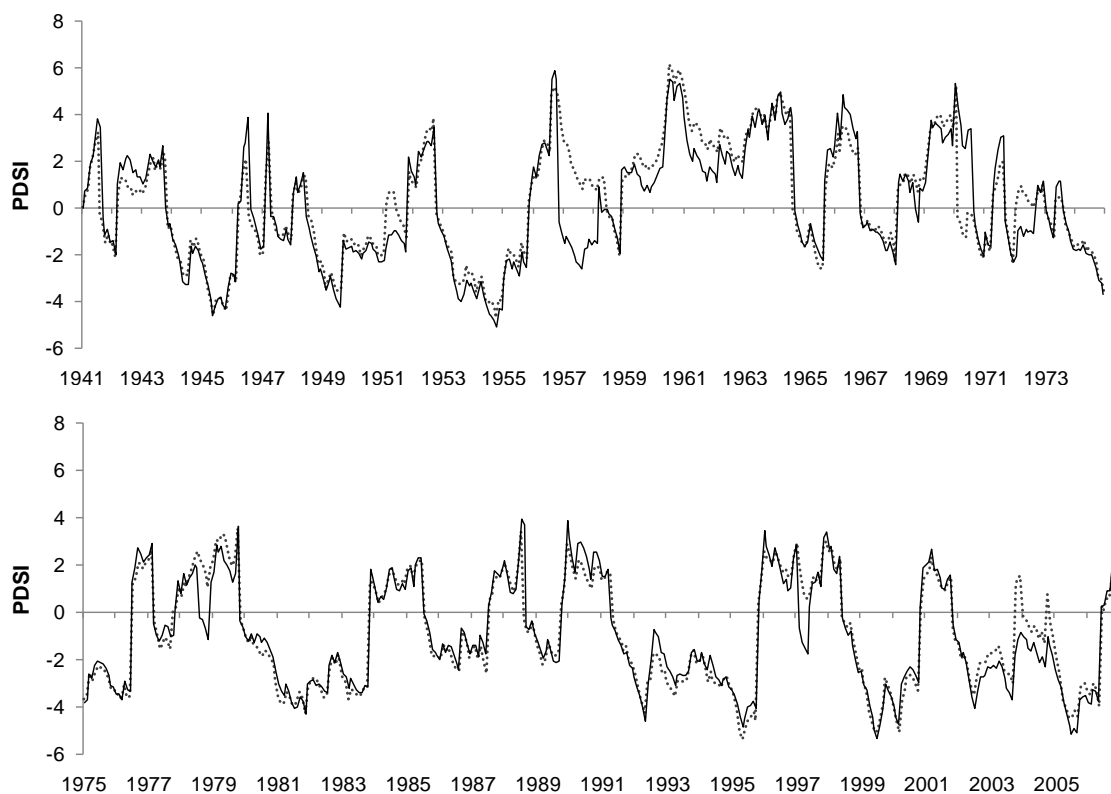


Fig. 5.20. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith (.....) para a localidade de Braga.

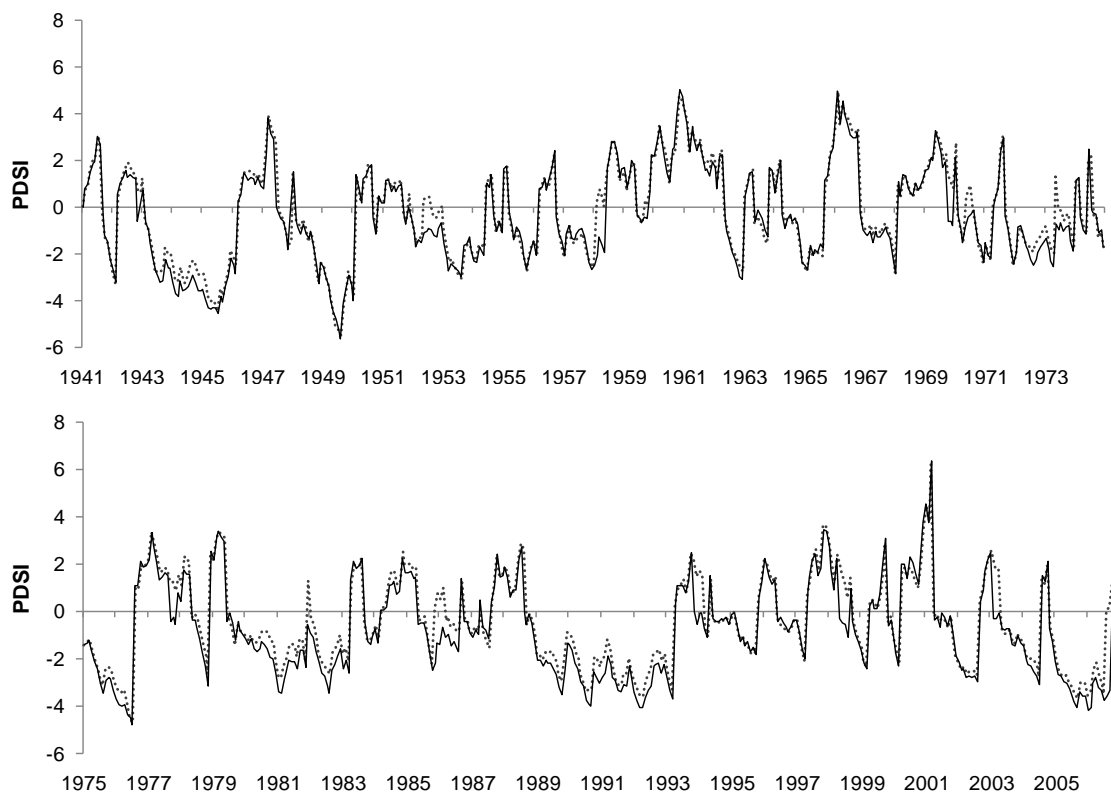


Fig. 5.21. Séries temporais do MedPDSI (—) e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith (.....) para a localidade de Elvas.

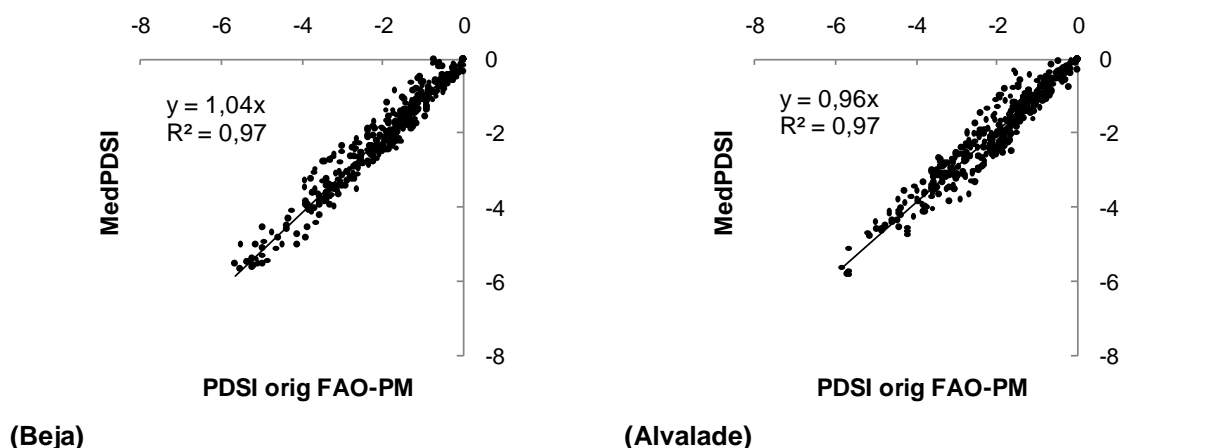


Fig. 5.22. Relação entre os valores simultaneamente negativos do MedPDSI e do PDSI original ET FAO Penman-Monteith expressa por regressão linear, para Beja e Alvalade

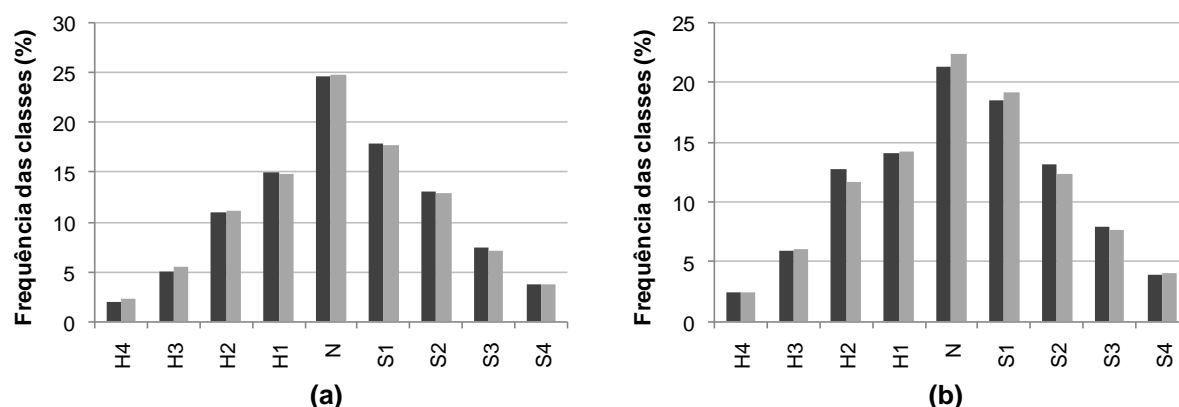


Fig. 5.23. Frequência das classes de secas produzida pelos índices MedPDSI (■) e PDSI original ET FAO Penman-Monteith (□) para: a) as 27 estações analisadas; b) 13 estações localizadas a Sul do Tejo.

Assim, as diferenças fundamentais entre o MedPDSI e o PDSI original FAO-PM consistem em diferenças pontuais quanto à classificação de determinado mês numa determinada categoria ou classe de severidade, inerente aos diferentes modelos de balanço hídrico do solo e valores da ETP, e sobretudo na identificação do começo de uma seca. Assim constatou-se que o MedPDSI tende a antecipar a detecção das secas em 1 ou mais meses relativamente ao PDSI original em 25% das secas identificadas por ambos os índices relativamente ao conjunto das 27 localidades analisadas, enquanto o PDSI original FAO-PM identifica a seca em primeiro lugar apenas 12% das vezes. À semelhança do que acontecia com a comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, quando esta análise é feita considerando apenas as localidades a Sul do rio Tejo, as diferenças são ainda maiores, identificando o MedPDSI as secas em primeiro lugar em 32% dos casos contra apenas 12% no caso do PDSI original FAO-PM. Quanto à identificação do final das secas, mais uma vez e à semelhança da comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, não se verificam diferenças consideráveis entre os dois índices, verificando-se apenas que, caso se considerem apenas as localidades a Sul do Tejo, existe uma ligeira tendência do MedPDSI para antecipar o final das secas

(16% contra 9%). Estes aspectos são realçados na Tabela 5.9 e na Tabela D.10 (Anexo D), relativas às secas comumente identificadas pelos dois índices, respectivamente, para a localidade de Alcácer do Sal e para todas as estações analisadas. Nestas Tabelas a cinzento claro destaca-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca e a cinzento escuro qual o que dá a dá primeiramente como terminada.

Como se pode verificar nas Tabela D.6 e D.8, relativas às características médias das secas, respectivamente, para o MedPDSI e para o PDSI original FAO-PM, o tempo de confirmação médio (t_c) para o conjunto das 27 localidades analisadas tem a mesma dimensão para o MedPDSI e para o PDSI original FAO-PM. Assim, uma vez que o MedPDSI tende a identificar primeiramente o início de uma seca, a chegada a seca moderada também tende a ser antecipada, o que como já se mencionou atrás constitui uma vantagem nítida no accionamento de alertas de seca e para a tomada de medidas por parte dos agentes envolvidos. No caso de se considerar apenas as localidades a Sul do Tejo t_c é ligeiramente menor no caso do MedPDSI (4.3 meses) do que no PDSI original FAO-PM (4.6 meses), levando a uma antecipação ainda maior na detecção do estabelecimento de uma seca moderada nesta região do país.

Os aspectos referidos acima podem ser particularmente importantes numa análise das secas à escala regional, em que se consideram regiões homogêneas quanto à seca como as unidades fundamentais da análise. Assim, o MedPDSI tenderia concerteza, pelo menos na região Sul do país, a identificar com antecedência o momento em que a região entraria em seca (ligeira) e o momento em que esta situação se agravaria (seca moderada).

Tabela 5.9. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET FAO-PM em Alcácer do Sal: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

Posto	MedPDSI					PDSI original ET FAO-PM				
	Início	Fim	Dur	Intens	t_c	Início	Fim	Dur	Intens	t_c
174	out 1941	fev 1942	5	-1,87	3	out 1941	ago 1942	11	-1,31	4
	dez 1943	fev 1946	27	-3,63	1	dez 1943	jan 1947	38	-2,97	3
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	set 1948	out 1951	38	-2,05	4
	dez 1952	dez 1954	25	-2,14	3	jan 1953	dez 1954	24	-2,06	3
	nov 1956	nov 1958	25	-2,05	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,98	9
	out 1964	ago 1965	11	-2,17	2	out 1964	ago 1965	11	-2,15	6
	jan 1967	jan 1968	13	-1,88	8	abr 1967	jan 1968	10	-1,74	8
	out 1970	mar 1971	6	-1,84	2	out 1970	mar 1971	6	-1,8	2
	set 1974	jan 1975	5	-2,26	1	set 1974	jul 1976	23	-1,79	3
	dez 1979	jun 1982	31	-2,16	6	dez 1979	jun 1982	31	-1,94	13
	jan 1983	out 1983	10	-2,03	2	jan 1983	out 1983	10	-1,94	2
	out 1985	jul 1987	22	-1,99	3	out 1985	jul 1987	22	-2,01	9
	jan 1989	ago 1989	8	-1,5	2	jan 1989	ago 1989	8	-1,66	2
	jul 1991	jul 1993	25	-2,31	4	ago 1991	jul 1993	24	-2,1	6
	set 1994	out 1995	14	-2,35	6	fev 1995	out 1995	9	-2,58	2
	out 1998	jun 1999	9	-2,65	2	nov 1998	jun 1999	8	-2,45	1
	nov 2001	jul 2002	9	-2,39	2	dez 2001	jul 2002	8	-2,37	2
	jan 2004	mai 2006	29	-3,6	3	fev 2004	mai 2006	28	-3,77	2

5.2. O Índice Normalizado de Precipitação – SPI. Comparação com o PDSI

É reconhecido que os estudos realizados sobre secas devem ser efectuados por mais de um índice (Guttman, 1998), sendo pois importante comparar o MedPDSI e o PDSI original para ambos os métodos de cálculo da ET, com outros índices de base teórica diferente, como é o caso do SPI, no sentido de verificar se ambos os índices produzem informação coerente. Assim, neste estudo, os resultados do MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM foram comparados com os do SPI para as escalas de 9 e 12 meses, que reconhecidamente são as escalas de tempo do SPI que melhor se ajustam aos resultados obtidos com o PDSI (Svoboda, 2004; Paulo e Pereira, 2006). Importa verificar qual destas duas escalas de tempo utilizadas no SPI melhor se adequa para uma utilização simultânea deste índice com o PDSI. Nas Tabelas D. 13. e D.14 (Anexo D) pode-se constatar que o SPI calculado para a escala de 9 meses (SPI-9) produz um maior número de secas do que quando calculado para a escala de 12 meses (SPI-12). Assim as 20 secas que, em média, o SPI-9 identifica por localidade, contra as 15 identificadas pelo SPI-12, leva-o, neste aspecto, a apresentar mais similaridades com o MedPDSI (18 secas) do que com o PDSI original Thornthwaite (15 secas), ficando o PDSI original FAO-PM (17 secas) numa posição intermédia entre o SPI-9 e o SPI-12. Os resultados da Figura 5.24, que estabelece através de regressão linear a relação entre as três variantes do PDSI e o SPI calculado para as escalas de 9 e 12 meses, mostram que existe uma correspondência razoável entre as três variantes do PDSI e o SPI para ambas as escalas temporais. No entanto também é notória a significativa proporção da variância de um dos índices que não é explicada pelo outro, com coeficientes de determinação (R^2) entre 0.57 e 0.61. Esta figura também sugere que a escala de tempo de 9 meses utilizada no SPI produz resultados que são ligeiramente mais coerentes com qualquer das variantes do PDSI do que a escala de 12 meses. Note-se que na Fig. 5.24, assim como nas figuras 5.25 a 5.27, a escala de severidade do SPI foi dobrada para facilitar a comparação com o MedPDSI, uma vez que esta é metade da escala de severidade do PDSI.

Na Fig. 5.25, que relaciona através de regressão linear o MedPDSI e o SPI-9 para 8 localidades de Norte a Sul do país, e também na Tabela D.11 relativa à totalidade das localidades, também se pode constatar que, embora existam localidades para as quais a coerência entre os índices é razoável ($R^2 \approx 0.68$), outras há em que o comportamento de um dos índices é fracamente explicado pelo outro, o que é evidenciado através da dispersão em torno da linha de regressão e R^2 baixos.

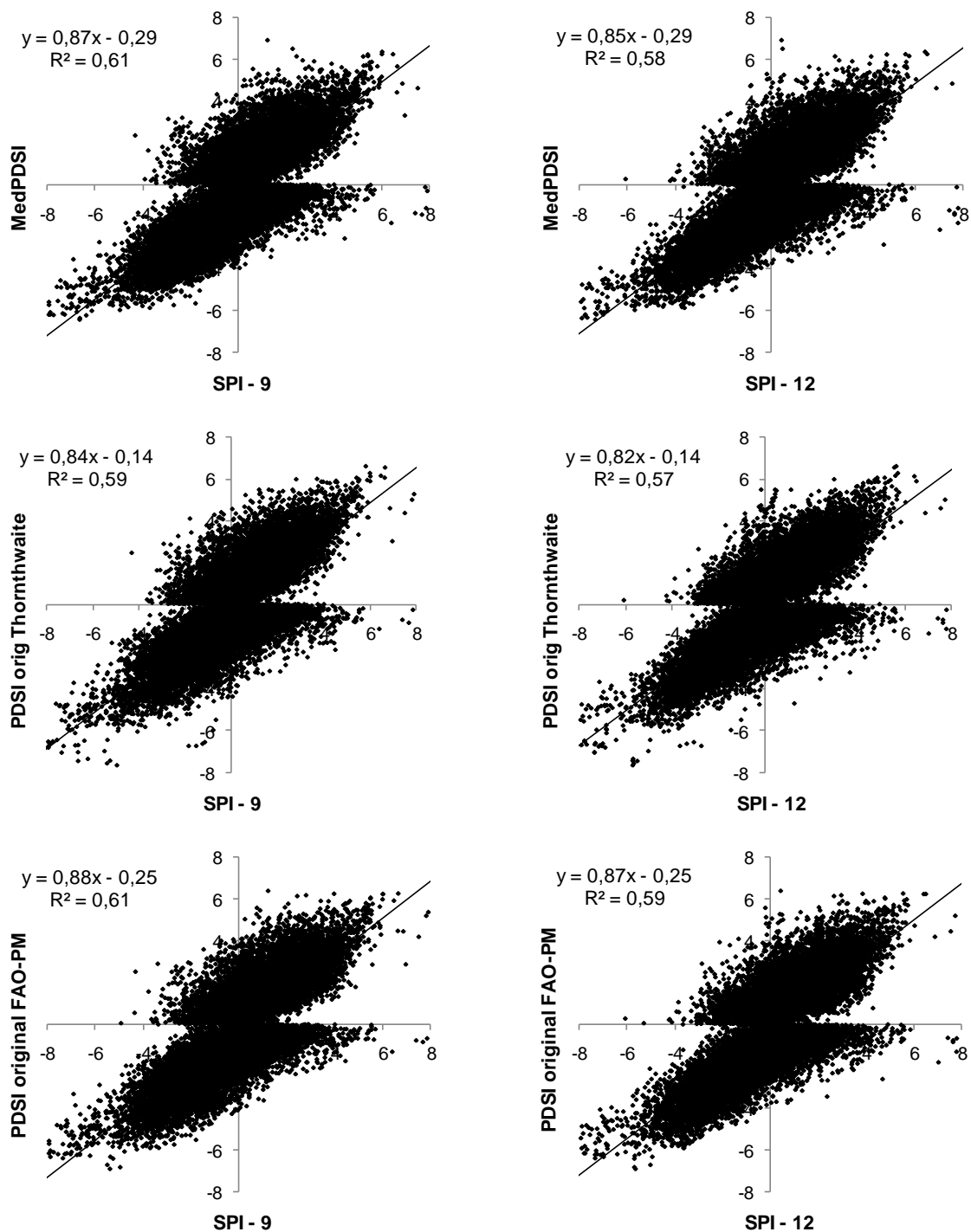
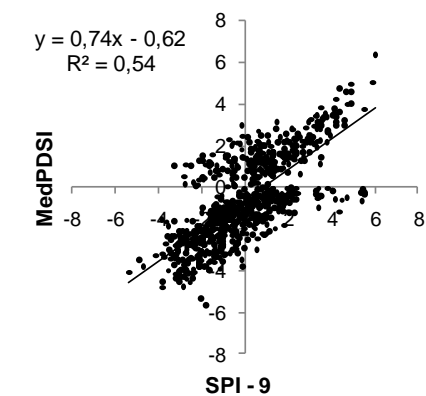
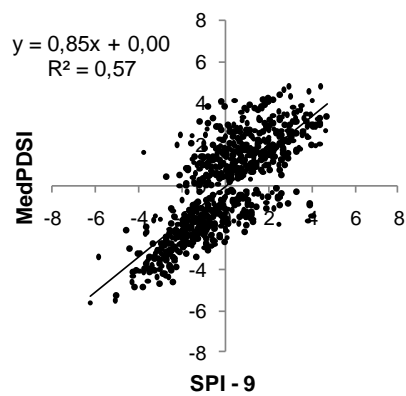


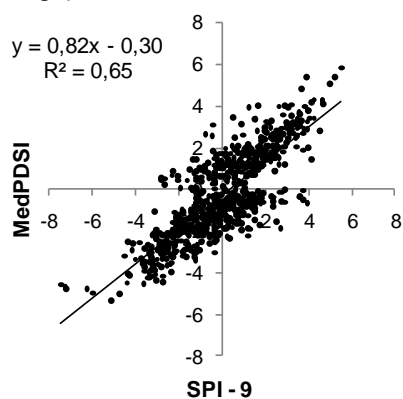
Fig. 5.24. Relação entre os valores do MedPDSI, PDSI original ET-Thornthwaite e PDSI original ET FAO Penman-Monteith, e os valores do SPI – 9 meses e SPI – 12 meses para o conjunto das 27 estações analisadas, expressa por regressão linear.



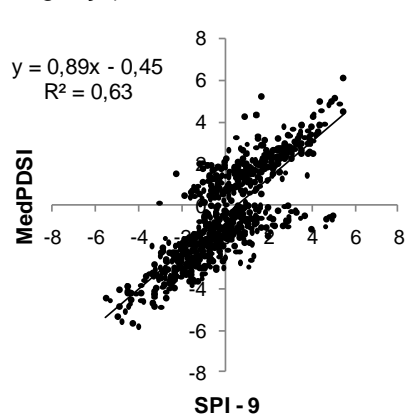
(Braga)



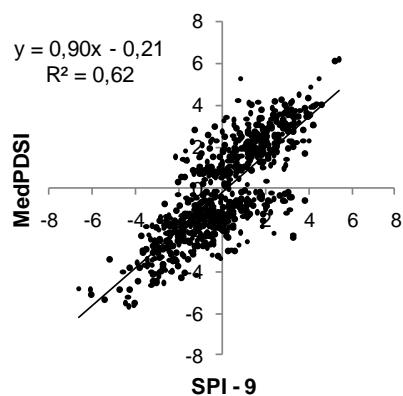
(Bragança)



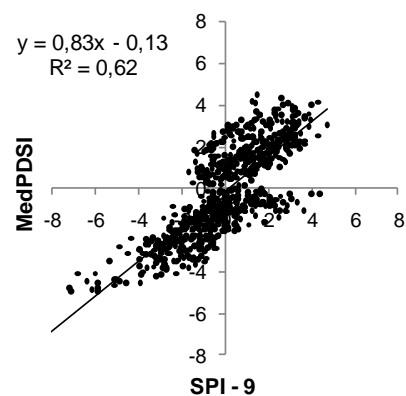
(Viseu)



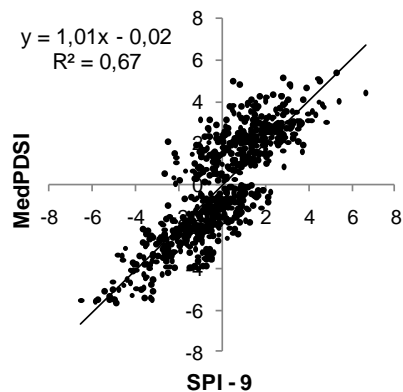
(Coimbra)



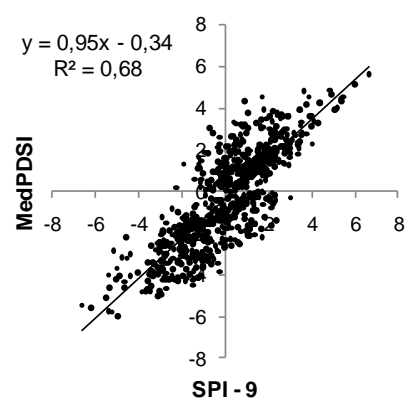
(Lisboa)



(Portalegre)



(Beja)



(Faro)

Fig. 5.25. Relação entre os valores do MedPDSI e do SPI – 9 meses para 8 estações de Norte a Sul de Portugal Continental, expressa por regressão linear.

Este comportamento muitas vezes divergente entre o MedPDSI e o SPI-9, que também se observa quando este último é relacionado com o PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM (Tabela D.12), é evidente nas Figs. 5.26 e 5.27 referentes às séries temporais do MedPDSI e SPI-9 nas localidades do Porto e Elvas, respectivamente. No entanto pode-se constatar que as principais secas ocorridas durante o período analisado são, na sua grande maioria, identificadas por ambos os índices. Por outro lado verifica-se que, para ambas as localidades, o MedPDSI classifica as secas mais severamente do que o SPI-9, principalmente no caso do Porto para as secas ocorridas na primeira metade do período analisado (1941-1974), e tende a antecipar o seu estabelecimento e progressivo agravamento. Também na Figura 5.28, em que se apresenta a frequência de ocorrência de cada uma das categorias de severidade de seca, dada como uma média para as 27 localidades analisadas, se pode observar que a frequência de meses em seca moderada, severa e extrema é superior no caso do MedPDSI relativamente tanto ao SPI-9 (5.28a), como ao SPI-12 (Fig. 5.28b).

Finalmente, a constatação talvez mais evidente de ser a escala de tempo de 9 meses aquela que melhor se adequa ao SPI no sentido de este produzir informação mais concordante com o MedPDSI, seja aquela que se pode tirar da Tabela 5.10 e da Tabela D.15 (Anexo D), a primeira respeitante à localidade de Alcácer do Sal e a segunda para o conjunto das 27 localidades analisadas. Nestas tabelas é mais do que evidente que o SPI-9 antecipa a identificação do início de uma seca relativamente ao SPI-12 e também o seu término, apresentando neste aspecto um comportamento muito similar ao do MedPDSI. As mesmas conclusões aplicam-se ao PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO-PM.

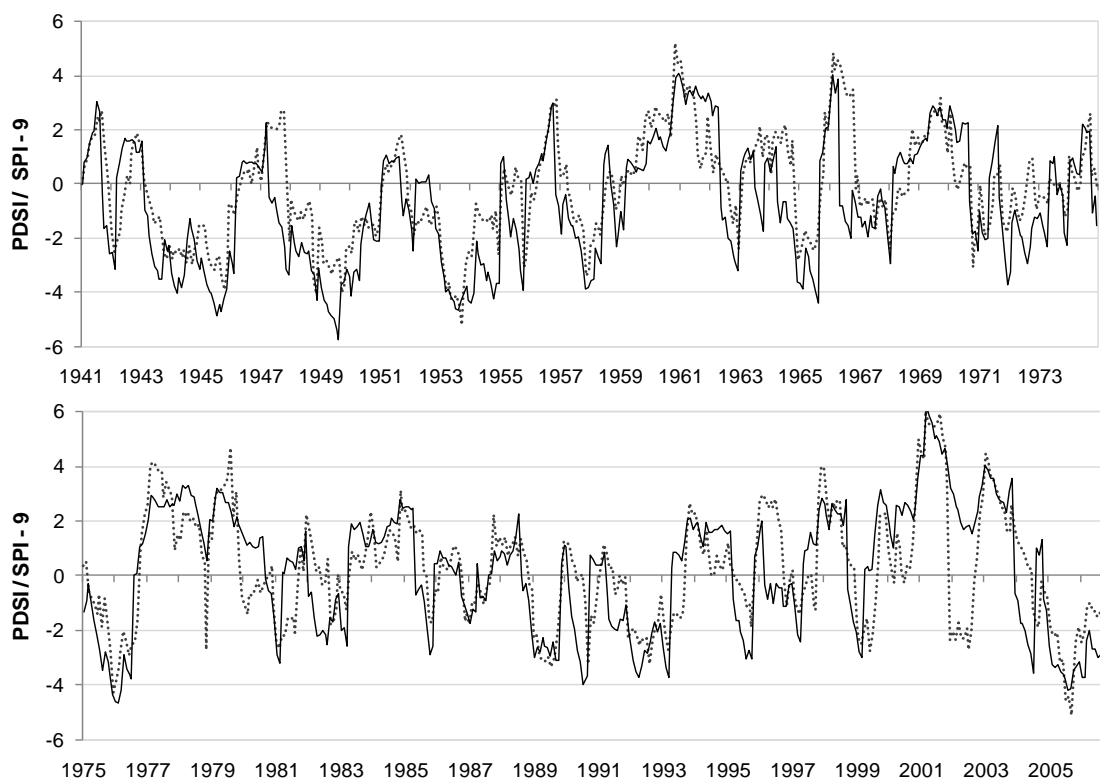


Fig. 5.26. Séries temporais do MedPDSI (—) e do SPI – 9 meses (.....) para a localidade do Porto.

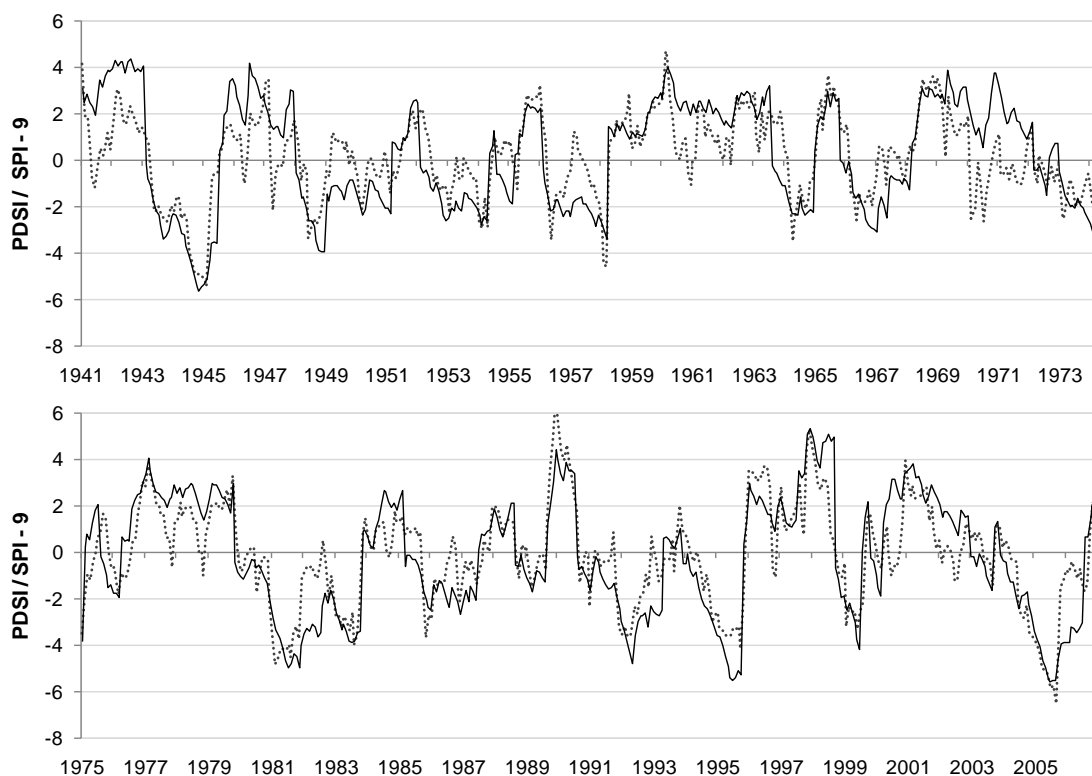


Fig. 5.27. Séries temporais do MedPDSI (—) e do SPI – 9 meses (.....) para a localidade de Beja.

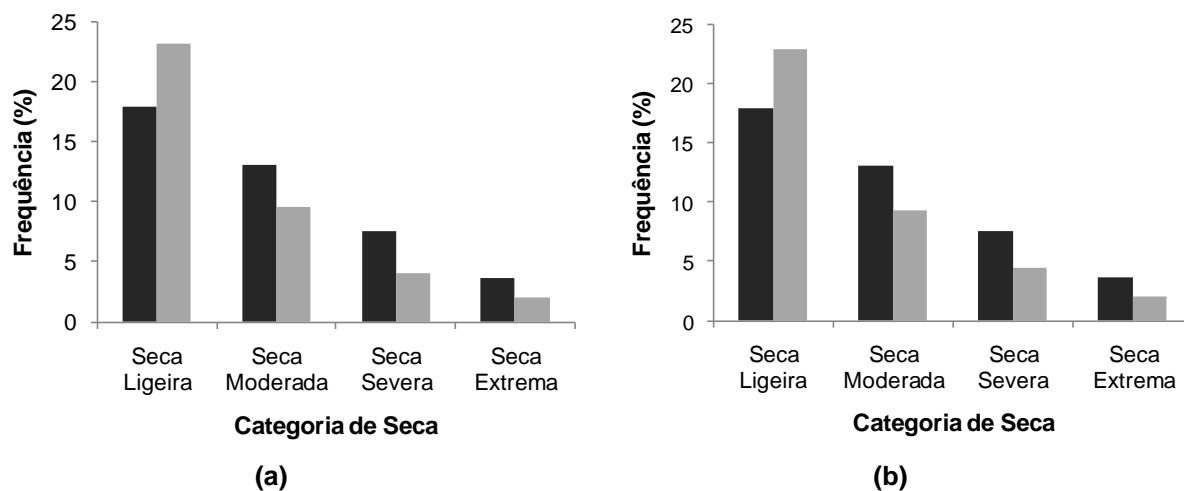


Fig. 5.28. Frequência das classes de seca produzida pelos índices MedPDSI (■) e: a) SPI – 9 meses (■); b) SPI – 12 meses (■), para as 27 estações analisadas.

Tabela 5.10. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI, SPI-9 e SPI-12 em Alcácer do Sal: data de início e fim da seca e duração (Dur); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
174	dez 1943	fev 1946	27	dez 1943	abr 1946	29	jan 1944	abr 1946	28
	set 1948	ago 1949	12	nov 1948	out 1949	12	out 1948	out 1951	37
	dez 1952	dez 1954	25	fev 1953	nov 1953	10	abr 1953	out 1955	31
	nov 1956	nov 1958	25	dez 1956	nov 1958	24	jan 1957	nov 1958	23
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	jan 1967	jan 1968	13	nov 1966	jun 1968	20	fev 1967	mar 1968	14
	set 1974	jan 1975	5	set 1974	ago 1975	12	mai 1974	nov 1976	31
	dez 1979	jun 1982	31	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	jan 1982	24
	jan 1983	out 1983	10	set 1982	out 1983	14	dez 1982	nov 1983	12
	out 1985	jul 1987	22	out 1985	set 1987	24	jan 1986	nov 1987	23
	jul 1991	jul 1993	25	nov 1991	nov 1992	14	out 1991	set 1993	24
	set 1994	out 1995	14	nov 1994	nov 1995	13	out 1994	nov 1995	14
	out 1998	jun 1999	9	set 1998	ago 1999	12	nov 1998	out 1999	12
	nov 2001	jul 2002	9	nov 2001	ago 2002	10	jan 2002	out 2002	10
	jan 2004	mai 2006	29	jan 2004	fev 2006	26	jan 2004	mai 2006	29

6. Conclusões

As alterações introduzidas na formulação original do PDSI, desde a simples substituição do método de Thornthwaite para cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) pelo método FAO Penman-Monteith, até à alteração do próprio modelo de balanço hídrico do solo do solo e do 'input' de ETP a este associado, respectivamente pela utilização do modelo ISAREG e pela consideração da ETP de um olival intensivo de sequeiro, conduziram a resultados consideravelmente diferentes entre as três variantes do PDSI. Assim, ao nível do balanço hídrico do solo, verificou-se que o índice MedPDSI (ISAREG-olival) produz valores da evapotranspiração actual (ET_a) que são mais elevados durante o Outono, Inverno e Primavera do que na formulação original do PDSI, i.e., a que utiliza o modelo de balanço hídrico do solo de Palmer (1965) e a ETP dada pela equação de Thornthwaite, este ultimo produzindo valores de ET_a mais altos durante o início do Verão (Junho e Julho). Estas diferenças, originadas pelos diferentes *inputs* de ETP e modelos de balanço hídrico do solo, também afectam, além da ET_a , os outros termos actuais do balanço hídrico, i.e., a recarga de água no solo, a perda ou depleção de água no solo e o escoamento (escoamento superficial + percolação profunda), consequentemente originando diferenças ao nível dos coeficientes climáticos a estes associados e aos desvios de humidade das condições normais (d). Quando a se substitui na formulação original do PDSI a equação de Thornthwaite pelo método FAO Penman-Monteith (FAO-PM), as conclusões acerca da comparação entre MedPDSI e PDSI original mudam drasticamente. Assim, a ET_a passa a ser mais elevada no PDSI original (FAO-PM) do que no MedPDSI durante o Outono, Inverno e princípio e meados da Primavera (Março e Abril), e mais elevada neste ultimo durante o fim da Primavera (Maio e Junho) e no Verão (excepto Setembro). Isto conduz a um comportamento diferente dos restantes termos do balanço comparativamente a quando a formulação original do PDSI utilizava ETP-Thornthwaite, originando também diferenças em relação a este último ao nível dos coeficientes climáticos, nomeadamente o coeficiente α , ligado à ET, que sofre uma redução drástica no Verão, e nos desvios de humidade (d).

A nova formulação da característica climática (K), que basicamente consiste na utilização do inverso do desvio padrão dos valores mensais de d corrigidos por um 'factor de escala', produz valores do índice de anomalia de humidade (z) melhorados do ponto da normalização sazonal deste índice, nomeadamente uma forte atenuação do decréscimo do DP de z do Inverno para o Verão, verificada com a formulação original de K , o que significa que a amplitude da variação de z passa a ser aproximadamente da mesma ordem de grandeza durante todos os meses do ano.

A calibração dos índices MedPDSI, PDSI original ET-Thornthwaite e PDSI original ET FAO-PM, produz uma melhoria na distribuição das categorias do PDSI que passa a ser muito mais próxima da normal do que a que resulta dos índices não calibrados. Assim, contrariamente ao que acontece com os índices não calibrados, a calibração origina o que seria de esperar, i.e., um nítido aumento da frequência de ocorrência com a diminuição da categoria de severidade quer de eventos húmidos quer de eventos secos, e uma frequência mais próxima de categorias de severidade simétricas (por exemplo seca ligeira e humidade ligeira). Também se verificou que, no caso dos índices não calibrados, a frequência de ocorrência da classe 'seca extrema' é muito elevada relativamente à frequência esperada para este tipo de acontecimentos e apresenta significativa variação de local para local, ao passo que os índices calibrados apresentam frequências mais coerentes com aquela definição e menores variações de local para local.

Analisando os resultados o nível do PDSI, propriamente dito, constatou-se que o MedPDSI tende a classificar mais severamente as principais secas que ocorreram nas várias localidades do que o PDSI original ET-Thornthwaite, produzindo uma maior frequência de meses em seca moderada, severa e extrema. Outro aspecto importante que ressaltou desta comparação, foi a clara antecipação da detecção das secas por parte do MedPDSI, e da sua chegada à categoria de seca moderada, altura em que os efeitos da seca se começam a fazer sentir. Da comparação entre o MedPDSI e o PDSI original ET FAO Penman-Monteith resulta uma diferença óbvia em relação à comparação anterior, é que agora os índices são muito mais concordantes e desaparece a tendência verificada para o MedPDSI agravar a severidade das secas relativamente ao PDSI original. Isto leva a concluir que o método de cálculo da ETP exerce uma influência marcada nos valores do PDSI original e é uma dos factores que mais contribui para as diferenças entre MedPDSI e PDSI original, sobrepondo-se ao modelo de balanço hídrico do solo. No entanto constatou-se que, à semelhança do que acontecia com a comparação MedPDSI vs. PDSI original Thornthwaite, existe uma clara antecipação da detecção das secas e da chegada à categoria de seca moderada, sobretudo nas localidades situadas a Sul do Tejo, i.e., aquelas com clima Mediterrânico mais marcado. Este aspecto é particularmente importante para o accionamento de alertas de seca e a tomada de medidas preventivas ou reactivas por parte dos agentes envolvidos.

Quanto ao Índice Normalizado de Precipitação (SPI) concluiu-se que a escala temporal por este utilizada que melhor se adequa a uma utilização conjunta deste índice com qualquer das variantes do PDSI, e que produz resultados mais concordantes com estas, é a escala de 9 meses. A utilização desta escala temporal ao invés da escala de 12 meses apresenta uma nítida vantagem, consistindo

numa clara antecipação da detecção do início das secas, aspecto que é mais concordante com o PDSI.

Referências Bibliográficas

- Akinremi, O.O., McGinn, S.M., Barr, A.G. (1996) Evaluation of the Palmer Drought Index on the Canadian Prairies, *J. Climate* 9: 897-905
- Alba, I., Rodrigues, P.N., Pereira, L.S., (2003). Irrigation scheduling simulation for citrus in Sicily to cope with water scarcity. In: Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions (Rossi, G.; Cancelliere, A.; Pereira, L.S.; Oweis, T.; Shatanawi, M.; Zairi, A., eds), pp 223-242. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., (2009) Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrig Sci* 28, 17-34.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998) *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome, 300p.
- Allen, R.G., Clemmens, A.J., Burt, C.M., Solomon, K., O'Halloran, T. (2005a) Prediction accuracy for projectwide evapotranspiration using crop coefficients and reference evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. Engng.* 131(1): 24-36.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Smith, M., Raes, D., Wright, J.L. (2005b) FAO-56 Dual Crop Coefficient Method for Estimating Evaporation from Soil and Application Extensions. *J. Irrig. Drain. Engng.* 131(1): 2-13.
- Allen, R.G., Wright, J.L., Pruitt, W.O., Pereira, L.S., Jensen, M.E., (2007) Water Requirements. In: Hoffman, G.J., Evans, R.G., Jensen, M.E., Martin, D.L., Elliot, R.L. (eds.) *Design and Operation of Farm Irrigation Systems* (2nd Edition), ASABE, St. Joseph, MI, pp. 208-288.
- Alley, W.M. (1984) The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *J. Climate and Applied Meteorology*, 23:1100-1109.
- American Meteorological Society (1997): Meteorological drought-Policy statement. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78: 847-849.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. (1998) Large area hydrologic modeling and assessment. Part 1. Model development. *J. Am. Soc. Water Res. Assoc.* 34 (1): 73-89.
- Baier, W., Robertson, G.W. (1966) Estimation of latent evaporation from simple weather observations. *Can. J. Plant Sci.* 45: 276-284.
- Barlow, M., Nigam, S., Berbery, E.H. (2001) ENSO, Pacific Decadal Variability, and U.S. Summertime Precipitation, Drought, and Stream Flow. *J. Climate*, 14, 2105-2128.
- Bayarjargal, Y., Karnieli, A., Bayasgalan, M., Khudulmur, S., Gandush, C., Tucker C.J. (2006) A comparative study of NOAA-AVHRR derived drought indices using change vector analysis. *Remote Sensing of Environment* 105: 9-22.
- Bonaccorso, B., Bordi, I., Cancelliere, A., Rossi, G., (2003). Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily. *Water Resources Management.*, 17: 273-296.
- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F.J., Fereres E. (1999) Measurement and simulation of evaporation from soil in olive orchards. *Irrig Sci* 18: 205-211.
- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F.J., Fereres E. (2001) Soil evaporation from drip-irrigated olive orchards. *Irrig Sci* 20: 65-71.
- Bordi, I., Sutera, A. (2001) Fifty Years of Precipitation: Some Spatially Remote Teleconnections. *Water Resour Manag* 15: 247-280.

- Bordi, I., Fraedrich, K., Jiang, J.M., Sutera, A. (2004). Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Theor. Appl. Climatol.*, 79: 81-91.
- Burt, C.M., Mutziger, A.J., Allen, R.G., Howell, T.A. (2005) Evaporation research: review and interpretation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 131 (1): 37-58.
- Campos, A.A.; Pereira, L.S.; Gonçalves, J.M.; Fabião, M.S.; Liu, Y.; Li, Y.N.; Mao, Z.; Dong, B. (2003). Water saving in the Yellow River Basin, China. 1. Irrigation demand scheduling. *Agricultural Engineering International*, V, <http://cigrejournal.tamu.edu4>.
- Cancelliere, A., Rossi, G., Ancarani, A. (1996) Use of Palmer index as a drought indicator in Mediterranean regions. In: *IAHR Congress From Floods to Drought*, Cape Town, South Africa.
- Cholpankulov, E.D., Inchenkova, O.P., Paredes, P., Pereira, L.S., (2008). Cotton irrigation scheduling in Central Asia: Model calibration and validation with consideration of groundwater contribution. *Irrig. and Drain.* 57:516-532.
- Comissão para a Seca 2005, 2005. Seca 2005. Relatório de Balanço.
- Dickson, R. R. (1958). A note on the computation of agricultural drought days. *Weekly Weather and Crop Bulletin.*, Vol. XLV: 7-8.
- Doesken, N.J., Garen, D., (1991). Drought monitoring in the western United States using a Surface Water Supply Index. Preprints, *Seventh Conf. on Applied Climatology*, Salt Lake City, UT, Amer. Meteor. Soc., 266-269.
- Dracup, J.A., Lee, K.S., Paulson, E.G. (1980). On the Definition of Droughts. *Water Resour. Res.* 16(2), pp. 297-302
- Dyer, J.A., Mack, A.R. (1984) The versatile moisture budget-version three. Tech. Bull. 1984-1E, LRRC, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canada, 24 pp.
- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Hoedjes, J., Ezzahar, J., Duchemin, B., Jacob F. (2008) Improvement of FAO-56 method for olive orchards through sequential assimilation of thermal infrared-based estimates of ET. *Agricultural Water Management* 95: 309-321
- Fernández, J. E., Moreno F. (1999) Water Use by the Olive Tree. *Journal of Crop Production* Vol. 2, No. 2, pp 101-162.
- Fernández, J. E., Moreno, F., Girón, I.F., Blázquez, O.M. (1997) Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil* 190: 179–192, 1997.
- Fernández, J. E., Díaz-Espejo, A., Palomo, M. J., Girón, I. F. and Moreno, F. (1998) Riego y fertilización del olivar en la comarca de El Aljarafe (Sevilla). *Folleto divulgativo*, pp. 32
- Fernández, J.E., Palomo M.J., Díaz-Espejo A., Girón I. F. (2003) Influence of partial soil wetting on water relation parameters of the olive tree. *Agronomie* 23 (2003) 545–552.
- Gonçalves, M.J.Z. (1982). Contribuição para o estudo das secas em Portugal Continental. *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, 1982, Lisboa, pp. 35-118.
- Guttman BJ. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. *Journal of the American Water Resources Association* 34(1): 113–121.
- Hastenrath, S. (2006). Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. *Progress In Oceanography.*, 70: 407-415.
- Hayes, M.J., Mark, Svoboda, D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V., (1999). Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Amer. Meteor. Soc.*, 80(3): 429-438.
- Heddinghaus RT, Sabol P. (1991). A review of the Palmer's drought severity index and where do we go from here? In *Preprints, 6th Conference on Applied Climatology*, 17–22 January, Anaheim, CA; 242–246.
- Heim Jr., R.R. (2002) A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bull. Am. Meteo. Soc.*, 83(8), 1149-1165.
- Karl, T.R., (1986) The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. *J. Climate Appl. Meteor.*, 25, 77-86.

- Keetch, J.J., Byram, G.M., (1968). A drought index for forest fire control. USDA Forest Service Research Paper SE-38, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC, 33 pp.
- Keyentash, J., Dracup, J.A., (2002). The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Amer. Meteor. Soc.*, August: 1167-1180.
- Kim, T.W., Valdés, J.B., Aparicio, J. (2002) Frequency and Spatial Characteristics of Droughts in the Conchos River Basin, Mexico. IWRA, *Water International*, Volume 27, Number 3, September 2002, pp 420–430
- Kogan, F.N., (1995). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data., *Amer. Meteor. Soc.*, 76: 655-668.
- Lana, X., Serra, C., Burgueño, A. (2001). Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the Standardized Precipitation Index for Catalonia (NE Spain). *International Journal of Climatology*, 21: 1669-1691.
- Liu, Y.; Teixeira, J.L.; Zhang, H.J.; Pereira, L.S. (1998). Model validation and crop coefficients for irrigation scheduling in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 36(3), 233-246.
- Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A. (2002) A drought climatology for Europe. *Int. J. Climatol.* 22: 1571–1592.
- Matalas, N.C., Jacobs, B. (1964). A correlation procedure for augmenting hydrologic data. U.S. *Geological survey professional paper*. 434-E, pp. E1-E7.
- Matias, P., (1998). Análise de Frequência de Séries Hidrológicas Anuais. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Matias, P. (2000). Extensão de series hidrológicas e preenchimento de falhas – modelos lineares. *Textos de apoio às aulas de Hidrologia I*. Dep. Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Mavromatis, T. (2007) Drought index evaluation for assessing future wheat production in Greece. *Int. J. Climatol.* 27: 911–924 (2007).
- McCabe, G.J., Palecki, M.A., Betancourt, J.L. (2004). Pacific and Atlantic Ocean influences on multidecadal drought frequency in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101: 4136-4141.
- McGuire, J. K., Palmer, W. C. (1957). The 1957 drought in the eastern United States. *Mon. Wea. Rev.*, 85: 305-314.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
- McQuigg, J., (1954). A simple index of drought conditions. *Weatherwise*, 7: 64-67.
- Mika, J., Horváth Sz., Makra, L., Dunkel, Z. (2005) The Palmer Drought Severity Index (PDSI) as an indicator of soil moisture. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30 223–230.
- Mo, K.C., Chelliah, M. (2006) The Modified Palmer Drought Severity Index Based on the NCEP North American Regional Reanalysis. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 45: 1362-1375.
- Moreira, E.E., Mexia, J.T., Pereira, L.S., (2010a). Análise de clusters com modelos loglineares utilizando testes de razões de verosimelhança na procura de regiões homogêneas visando a gestão de secas. In: Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A.L. (eds.). *Gestão do Risco em Secas*., Colibri, Lisboa, pp 91-101.
- Moreira, E.E., Coelho, C.A., Paulo, A.A., Pereira, L.S., Mexia, J.T., (2010b). Predição das transições de classes de seca recorrendo a modelos loglineares. In: Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A.L. (eds.). *Gestão do Risco em Secas*., Colibri, Lisboa, pp 189-204.
- Moreno, F., Fernandez, E., Clothier, B.E. and Green, S.R. (1996) Transpiration and root water uptake by olive trees. *Plant Soil* 184: 85–96.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. (2003) Yield responses of mature olive orchard to water deficits. *J. Am. Soc. Horticultural Science* 123(3): 425-431.

- Narasimhan, B., Srinivasan, R. (2005) Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*. 133: 69-88.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., King, K.W. (2002) Soil and water assessment tool, Theoretical documentation: Version 2000. TWRI TR-191. Texas Water Resources Institute, College Station, TX.
- Ntale, H. K., Gan, T. Y., (2003) Drought indices and their application to east Africa. *Int. J. Climatol*. 23: 1335–1357.
- Nuberg, I., Yunusa, I. (2003) Olive water use and yield – monitoring the relationship. *RIRDC Publication No 03/048*, Barton, Austrália.
- Orgaz, F., Fereres, E. (1997) Riego. In: *El Cultivo del Olivo*. Mundi Prensa, Madrid, pp. 251-272.
- Orgaz, F., Testi, L., Villalobos, F. J., Fereres, E. (2006) Water requirements of olive orchards-II: determination of crop coefficients for irrigation scheduling. *Irrig Sci* 24: 77–84.
- Oweis, T., Rodrigues, P.N., Pereira, L.S. (2003). Simulation of supplemental irrigation strategies for wheat in Near East to cope with water scarcity. In: Rossi, G.; Cancelliere, A.; Pereira, L.S.; Oweis, T.; Shatanawi, M.; Zairi, A.. (eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, pp 259-272.
- Palmer, W. (1965). Meteorological Drought. U.S. Weather Bureau, Res. Paper N0 45, Washington.
- Palmer, W.C., (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index. *Weatherwise*., 21: 156-161.
- Palomo, M. J., Moreno, F., Fernández, J. E., Díaz-Espejo, A., Girón, I. F. (2002) Determining water consumption in olive orchards using the water balance approach. *Agric. Water Manage*. 55(1): 15-35.
- Pastor, M. and Orgaz, F. (1994). Riego deficitario del olivar. *Agricultura* 746: 768-776
- Pastor, M., Moya, J.H., (2002). Programación del riego con aguas subterráneas en el olivar de la provincia de Jaén. In: López Geta, J.A.; Rubio Campos, J.C. (Eds.) *Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén*., pp. 373-377.
- Paulo, A.A. (2004). *Metodologias de Caracterização e Previsão das Secas. Modelação espacial e temporal*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Paulo, A.A., (2010). Avaliação da homogeneidade regional do clima para caracterização da seca no Alentejo. In: Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A.L. (eds.). *Gestão do Risco em Secas*. Colibri, Lisboa, pp 73-89.
- Paulo, A.A., Pereira, L.S. (2006). Drought concepts and characterization. Comparing drought indices applied at local and regional scales. *Water International* 31(1): 37-49.
- Paulo, A.A., Pereira, L.S., (2010). Análise estocástica das transições entre classes de seca através de modelos de Markov. In: Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A.L. (eds.). *Gestão do Risco em Secas*. Colibri, Lisboa, pp 171-186.
- Paulo, A.A., Pereira, L.S., Ferreira, E., (2003). O índice de Palmer e o índice normalizado de precipitação na identificação de períodos secos. In: JPL Ferreira et al. (Eds.) 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (APRH/ABRH/AMCT/INGRH, Praia, Cabo Verde), APRH, Lisboa, pp. 293-307.
- Paulo, A.A., Ferreira, E., Coelho, C., Pereira, L.S. (2005). Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning. *Agric. Water Manage*. 77: 59-81.
- Paz, A.; Neira, X.X.; Castelao A (1996). Soil water regime under pasture in the humid zone of Spain: validation of an empirical model and prediction of irrigation requirements. *Agricultural Water Management*, 29(2), 147–161.
- Pereira, L.S.; Cordery, I.; Lacovides, I. (2002). Coping with Water Scarcity. UNESCO IHP VI, Technical Documents in Hidrology, No. 58, UNESCO, Paris, 267pp. (<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001278/127846e.pdf>).

- Pereira, L.S., Teodoro, P.R., Rodrigues, P.N., Teixeira, J.L. (2003) Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG. In: Rossi, G. Cancelliere, A., Pereira, L.S., Oweis, T., Shatanawi, M., Zairi, A. (Eds.) *Tools for drought mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180.
- Pereira, L.S., Paulo, A.A., Rosa, R.D. (2005). A modification of the Palmer drought stress index for Mediterranean environments. In: R. Dannowski (Ed) *Integrated Land and Water Management: Towards Sustainable Rural Development* (Proc. ICID 21st European Reg. Conf., Frankfurt (Oder), Germany, and Slubice, Poland), ICID German Nat. Com., Munchberg, CD-ROM.
- Pimenta, R.E., Cristo, F.P. (1998). Vigilância, acompanhamento e predição da evolução das secas em Portugal Continental. In: *4º Congresso da Água*, Assoc. Portuguesa dos Recursos Hídricos/Assoc. Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa.
- Pires, V.C.C. (2003). *Frequência e Intensidade de Fenómenos Meteorológicos Extremos Associados à Precipitação*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Pires, C.A.L., Sousa, J.M.B.B. (2010). Previsão de classes de seca por cadeias de Markov condicionadas por regimes da oscilação de Atlântico Norte e da oscilação Ártica. In: Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A.L. (eds.). *Gestão do Risco em Secas*, Colibri, Lisboa, pp. 209-224.
- Popova, Z., Eneva, S., Pereira, L.S. (2006). Model Validation, Crop Coefficients and Yield Response Factors for Maize Irrigation Scheduling Based on Long-Term Experiments. *Biosystems Engineering* 95(1): 139-149.
- Priestley, C.H.B., and Taylor, R.J. (1972) On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Mon. Wea. Rev.*, **100**, 81–92.
- Quiring, S.M.; Papakryiakou, T.N. (2003) An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 118, pp. 49-62.
- Rao, A.R., Voeller, T.L. (1997) Development and Testing of Drought Indicators. *Water Resources Management* 11: 119-136.
- Raziei, T., Saghaian, B., Paulo, A.A., Pereira, L.S., Bordini, I. (2009). Spatial Patterns and Temporal Variability of Drought in Western Iran. *Water Resources Management*, 23: 439-455
- Ritchie, J.T., Otter, S. (1985) Description and performance of CERES-wheat: A user-oriented wheat yield model. *USDA-ARS*, 38: 159-170
- Rushton, K.R. and Ward, C. (1979) The estimation of groundwater recharge. *J. Hydrology*, 41, 345-361.
- Santos, J.F., Pulido-Calvo, I., Portela, M.M., (2010). Spatial and temporal variability of droughts in Portugal. *Water Resources Research*, 46, 13pp.
- Schubert, S.D., Suarez, M.J., Pegion, P.J., Koster, R.D., Bacmeister, J.T., (2004). Causes of Long-Term Drought in the U.S. Great Plains. *J. Climate*, 17: 485–503.
- Scian, B., Donnari, M. (1997) Retrospective Analysis of the Palmer Drought Severity Index in the semi-arid Pampas region, Argentina. *International Journal of Climatology*, VOL. 17, 313–322.
- Seiler, R.A., Hayes, M., Bressan, L., (2002). Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring. *International Journal of Climatology*, 22: 1365-1376.
- Svoboda, M., Lecomte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., Rippey, B., Tinker, R., Palecki, M., Stooksbury, D., Miskus, D., Stephens, S. (2002). The Drought Monitor. *American Meteorological Society Bulletin*, August 2002, pp. 1181-1190.
- Svoboda M. (2004). Evaluating the use of the Standardized Precipitation Index as a drought indicator. Personal communication in the course “Drought Preparedness and Mitigation Strategies in the Mediterranean Region”, IAMZ, Zaragoza, Spain.
- Szép, I.J., Mika, J., Dunkel, Z. (2005). Palmer drought severity index as soil moisture indicator: physical interpretation, statistical behaviour and relation to global climate. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 231–243.

- Sonmez, K.F., Komüscü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E. (2005). An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index. *Natural Hazards*, 35(2): 243-264.
- Tate, E.L., Gustard, A. (2000). Drought Definition: a hydrological perspective. In: J.J. Vogt and F. Somma (Eds.) *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp. 23-48.
- Teixeira, J.L., Pereira, L.S. (1992) ISAREG, an irrigation scheduling model. *ICID Bulletin* 41(2): 29-48.
- Testi, L., Villalobos, F.J., Orgaz, F. (2004). Evapotranspiration of a young irrigated olive orchard in southern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121: 1-18.
- Testi, L., Villalobos, F. J., Orgaz, F., Fereres, E. (2006). Water requirements of olive orchards: I simulation of daily evapotranspiration for scenario analysis. *Irrig Sci* 24: 69–76.
- Thorntwaite, C. W., (1931). The climate of North America according to a new classification. *Geogr. Rev.*, 21: 633–655.
- U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (1972) *National Engineering Handbook*.
- van Bavel, C. H. M., Verlinden, F. J. (1956). Agricultural drought in North Carolina. *Tech. Bull.* 122, North Carolina Agricultural Experiment Station, 60 pp.
- Vicente-Serrano, S.M., Quadrat, J.M. (2007). North Atlantic oscillation control of droughts in north-east Spain: evaluation since 1600 A.D. *Climate Change*, 85: 357-379.
- Villalobos, F.J., Orgaz, F., Testi, L., Fereres, E. (2000). Measurement and modelling of evapotranspiration of olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Eur. J. Agron.* 13: 155–163.
- Vogel, R.M., Stedinger, J.R. (1985). Minimum variance streamflow record augmentation procedures. *Water Resour. Res.* 21(5): 715-723.
- Waggoner, M.L., O'Connell, T.J., (1956). Antecedent precipitation index. *Weekly Weather and Crop Bulletin*, Vol. XLIII: 6-7.
- Wells, N., Goddard, S., Hayes, M.J. (2004). A Self-Calibrating Palmer Drought Severity Index. *Journal of Climate*, 17, 2335-2351.
- Wilhite, D.A. (2000). Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. *Drought: A Global Assessment*, D. A. Wilhite, Ed., Routledge, 3–18.
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H. (1985): Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water Int.*, 10, 111–120.
- World Meteorological Organization, (1975). Drought and agriculture. WMO Note 138, Publ. WMO-392, Geneva, Switzerland, 127 pp.
- World Meteorological Organization, (1992). International Meteorological Vocabulary. 2d ed. WMO No. 182, WMO, 784 pp.
- Yevjevich, V., (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrology Paper 23, Colorado State University, Fort Collins, CO, 18 pp.
- Zairi, A.; El Amani, H.; Slatni, A.; Pereira, L.S.; Rodrigues, P.N.; Machado, T. (2003). Coping with drought: deficit irrigation strategies for cereals and field horticultural crops in central Tunisia. In: Rossi, G.; Cancelliere, A.; Pereira, L.S.; Oweis, T.; Shatanawi, M.; Zairi, A. (eds.). *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, pp 181-201.

ANEXO A

Tabela A.1. Estações meteorológicas com dados de precipitação e temperatura (IM) e apenas com precipitação (INAG) retidas para análise.

Código	Latitude	Longitude	Nome	Período	Entidade
23	41.6	-8.4	Braga	1941-2007	IM
546	41.1	-8.6	Porto-Serra Do Pilar	1941-2007	IM
11	41.8	-7.78	Montalegre	1941-2007	IM
575	41.8	-6.73	Bragança	1941-2007	IM
32	41.5	-7.2	Mirandela	1941-2007	IM
35	41.5	-6.28	Miranda Do Douro	1941-2007	IM
52	41.2	-7.8	Régua	1941-2007	IM
55	41.2	-7.55	Pinhão (Santa Barbara)	1941-2007	IM
568	40.4	-7.55	Penhas Douradas	1941-2007	IM
75	40.7	-7.9	Viseu	1941-2007	IM
107	40.2	-8.42	Coimbra/Bencanta	1941-2007	IM
212	39.5	-8.05	Alvega	1941-2007	IM
530	39.4	-9.4	Cabo Carvoeiro	1941-2007	IM
150	38.8	-9.5	Cabo Da Roca	1941-2007	IM
535	38.7	-9.15	Lisboa (Geofísico)	1941-2007	IM
571	39.3	-7.42	Portalegre	1941-2007	IM
235	38.9	-7.15	Elvas	1941-2007	IM
557	38.6	-7.9	Évora	1941-2007	IM
562	38	-7.87	Beja	1941-2007	IM
266	37.2	-7.42	Vila Real de Santo António	1941-2007	IM
554	37	-7.97	Faro Aeroporto	1941-2007	IM
538	37	-8.95	Sagres	1941-2007	IM
170	38.5	-8.9	Setúbal	1941-2007	IM
174	38.4	-8.52	Alcácer Do Sal	1941-2007	IM
183	38	-8.4	Alvalade	1941-2007	IM
226	38.9	-8.17	Mora	1941-2007	IM
250	38.2	-7.22	Amareleja	1941-2007	IM
1258	41.9	-6.6	Deilão	1941-2006	INAG
1354	41.8	-7.32	Travancas	1941-2006	INAG
1378	41.8	-8.42	Ponte Da Barca	1941-2006	INAG
1554	41.8	-8.6	Ponte De Lima	1941-2006	INAG
2002	41.6	-6.57	Pinelo	1941-2006	INAG
2094	41.6	-7.28	Rio Torto	1941-2006	INAG
2130	41.5	-8.62	Barcelos	1941-2006	INAG
2202	41.5	-7.75	Santa Marta Montanha	1941-2006	INAG
2578	41.3	-7.28	Folgares	1941-2006	INAG
2634	41.3	-8.08	Amarante	1941-2006	INAG
2930	41	-6.93	Escalhão	1941-2006	INAG
3118	40.9	-8.38	Castelo Burgães/Barragem	1941-2006	INAG
3202	40.8	-7.08	Pinhel	1941-2006	INAG
3670	40.3	-7.52	Covilhã	1941-2006	INAG
3862	40.1	-8.63	Soure	1941-2006	INAG
4202	39.9	-7.27	Ladoeiro	1941-2006	INAG
4282	39.8	-8.35	Rego da Murta	1941-2006	INAG
4434	39.7	-7.67	Vila Velha de Rodão	1941-2006	INAG
4518	39.6	-9.07	Cela	1941-2006	INAG
4706	39.5	-8.2	Abrantes	1941-2006	INAG
4738	39.4	-7.45	Castelo De Vide	1941-2006	INAG
4886	39.2	-9.1	Pragança	1941-2006	INAG
5062	39	-8.68	Magos/Barragem	1941-2006	INAG
5126	38.9	-8.02	Pavia	1941-2006	INAG
5178	38.8	-9.17	S. Julião Do Tojal	1941-2006	INAG
5246	38.8	-7.42	Vila Viçosa	1941-2006	INAG
5474	38.6	-8.62	Moinhola	1941-2006	INAG
5566	38.4	-7.55	Reguengos De Monsaraz	1941-2006	INAG
5682	38.3	-8	Viana Do Alentejo	1941-2006	INAG

Tabela A.1. (continuação)

Código	Latitude	Longitude	Nome	Período	Entidade
5778	38.2	-8.58	Grândola	1941-2006	INAG
5990	38	-7.62	Serpa	1941-2006	INAG
6194	37.8	-8.08	Castro Verde	1941-2006	INAG
6366	37.4	-7.77	Martim Longo	1941-2006	INAG
6634	37.2	-8.7	Bravura/Barragem	1941-2006	INAG
6676	37.2	-7.9	S. Brás Alportel	1941-2006	INAG
4234	39.8	-8.4	Alvaizere	1941-2006	INAG
3450	40.5	-7.87	Caldas Da Felgueira	1941-2006	INAG
2954	40.9	-8.6	Espargo (Feira)	1941-2006	INAG
1240	41.9	-7.17	Gestosa	1941-2006	INAG
6706	37.1	-8.03	Loulé	1941-2006	INAG
4966	39.1	-8.75	Muge	1941-2006	INAG
2906	41	-7.4	Penedono	1941-2006	INAG
3930	40	-7.02	Penha Garcia	1941-2006	INAG
2458	41.4	-6.57	Sanhoane	1941-2006	INAG
4488	39.6	-8.4	Tomar	1941-2006	INAG
3342	40.6	-6.85	Vilar Formoso	1941-2006	INAG
6718	37.1	-8.67	Lagos	1941-2006	INAG

Tabela A.2. Valores obtidos para a estatística dos testes (z) e para a probabilidade α_p de obter um valor tão extremo quanto z; postos que não passaram nos testes assinalados a negrito.

Código	N	Autocorrelação		T. Tendência		Homog. média		Homog. variância	
		Estat. z	α_p	Estat. z	α_p	Estat. z	α_p	Estat. z	α_p
23	66	1,783	0,075	1,051	0,293	-0,545	0,586	0,661	0,508
546	66	1,942	0,052	1,749	0,08	-1,404	0,16	0,876	0,381
11	62	1,848	0,065	2,430	0,015	-1,570	0,116	1,358	0,175
575	66	1,138	0,255	0,166	0,868	-0,071	0,944	1,306	0,192
32	62	1,064	0,287	0,741	0,459	-0,556	0,578	1,147	0,252
35	61	0,364	0,716	1,313	0,189	-0,887	0,375	1,316	0,188
52	63	0,741	0,459	0,172	0,863	0,172	0,864	1,794	0,073
55	60	0,889	0,374	1,014	0,311	-0,200	0,842	1,254	0,21
568	66	0,708	0,479	-1,561	0,119	1,930	0,054	1,291	0,197
75	58	0,076	0,94	-0,631	0,528	1,112	0,266	1,501	0,133
107	66	1,817	0,069	1,317	0,188	-0,660	0,509	1,356	0,175
212	54	0,161	0,872	-0,045	0,964	0,753	0,452	-0,782	0,434
535	66	0,753	0,451	0,216	0,829	0,628	0,53	-0,723	0,469
571	66	1,693	0,091	0,697	0,486	-0,147	0,883	-0,024	0,981
235	63	1,604	0,109	-2,147	0,032	2,275	0,023	1,110	0,267
557	66	1,749	0,08	-1,162	0,245	0,981	0,327	-0,592	0,554
562	66	1,783	0,075	-0,675	0,5	0,930	0,352	-0,719	0,472
266	56	-0,203	0,839	0,177	0,86	0,270	0,787	-0,591	0,554
554	66	1,387	0,165	0,670	0,503	-0,224	0,822	-0,489	0,625
170	54	-0,667	0,505	0,403	0,687	-0,112	0,91	0,160	0,873
174	56	1,249	0,212	0,318	0,75	0,238	0,812	1,101	0,271
183	65	0,562	0,574	-0,057	0,955	0,617	0,537	-1,038	0,299
226	45	0,496	0,62	-1,927	0,054	2,168	0,03	0,284	0,776
250	37	1,103	0,27	-0,745	0,456	0,684	0,494	-0,331	0,741
150	61	-0,019	0,985	1,288	0,198	-0,815	0,415	-0,155	0,877
530	66	0,028	0,977	1,450	0,147	-0,660	0,509	0,035	0,972
538	52	1,316	0,188	0,529	0,597	0,119	0,905	-1,744	0,081
1240	65	-0,632	0,528	-0,249	0,803	-0,021	0,984	0,053	0,958
1258	63	0,064	0,949	-1,478	0,139	1,476	0,140	2,032	0,042
1354	65	-2,041	0,041	-1,441	0,149	1,395	0,163	-0,129	0,897
1378	65	1,199	0,230	-1,693	0,091	1,450	0,147	-0,057	0,954
1554	65	0,886	0,375	-1,376	0,169	1,437	0,151	-0,035	0,972

Tabela A.2. (continuação)

Código	N	Autocorrelação		T. Tendência		Homog. média		Homog. variância	
		Estat. z	α_p	Estat. z	α_p	Estat. z	α_p	Estat. z	α_p
2094	62	0.574	0.566	-0.855	0.393	0.945	0.345	0.993	0.321
2130	64	0.778	0.437	0.401	0.689	-0.035	0.972	-0.585	0.559
2202	60	-0.036	0.972	0.064	0.949	-0.222	0.825	-0.410	0.682
2458	65	1.382	0.167	-1.164	0.244	0.796	0.426	0.725	0.469
2578	65	-0.562	0.574	-0.057	0.954	0.155	0.877	1.010	0.312
2634	65	0.747	0.455	0.878	0.380	-0.466	0.641	-0.533	0.594
2906	65	1.925	0.054	-1.044	0.296	0.251	0.802	0.814	0.416
2930	65	0.122	0.903	0.311	0.756	0.190	0.849	0.209	0.834
2954	65	1.851	0.064	-0.387	0.698	-0.058	0.954	1.402	0.161
3118	65	1.002	0.316	-0.598	0.550	0.686	0.493	2.457	0.014
3202	65	-0.087	0.931	-0.827	0.408	1.155	0.248	0.486	0.627
3342	65	2.188	0.029	-0.031	0.975	0.887	0.375	0.719	0.472
3450	65	1.165	0.244	-1.404	0.160	1.844	0.065	0.996	0.319
3670	65	0.307	0.759	0.442	0.659	0.367	0.713	-0.700	0.484
3862	65	-0.377	0.706	-0.221	0.825	0.531	0.595	-0.143	0.886
3930	65	1.006	0.314	-0.131	0.896	0.720	0.471	-1.114	0.265
4202	65	1.211	0.226	-1.410	0.159	1.411	0.158	-1.188	0.235
4234	65	-0.024	0.981	-0.688	0.491	0.969	0.332	-0.576	0.565
4282	65	0.017	0.986	-1.296	0.195	1.411	0.158	-0.920	0.357
4434	64	0.446	0.656	-0.645	0.519	1.345	0.179	-0.268	0.789
4488	64	0.338	0.735	1.450	0.147	-1.306	0.192	-0.038	0.970
4494	64	2.455	0.014	-3.414	0.001	3.510	0.000	0.975	0.329
4518	64	0.052	0.958	0.209	0.834	0.098	0.922	0.312	0.755
4706	65	1.222	0.222	1.359	0.174	-0.630	0.529	0.848	0.396
4738	64	0.238	0.812	-1.421	0.155	1.253	0.210	-0.336	0.737
4850	65	0.713	0.476	-2.729	0.006	2.756	0.006	0.238	0.812
4886	63	-0.620	0.535	-0.742	0.458	1.673	0.094	-0.685	0.493
4966	65	-0.517	0.606	1.118	0.264	-0.458	0.647	-0.550	0.582
5022	65	1.359	0.174	-1.929	0.054	2.344	0.019	0.738	0.460
5062	65	-0.817	0.414	-0.017	0.986	0.492	0.623	-0.152	0.879
5126	63	0.597	0.551	-0.764	0.445	0.912	0.362	0.263	0.793
5178	61	-0.632	0.528	-0.255	0.799	0.886	0.376	-0.740	0.459
5246	65	0.617	0.537	-1.379	0.168	1.430	0.153	0.637	0.524
5318	63	2.222	0.026	-3.061	0.002	3.062	0.002	1.004	0.315
5474	62	-0.866	0.387	0.098	0.922	0.383	0.702	-0.306	0.760
5566	65	1.483	0.138	-1.275	0.202	1.967	0.049	1.084	0.278
5682	59	1.020	0.308	-1.362	0.173	1.376	0.169	0.078	0.937
5778	62	-0.353	0.724	-1.178	0.239	0.912	0.362	-0.472	0.637
5990	56	0.629	0.530	-0.151	0.880	0.483	0.629	0.178	0.858
6190	54	0.736	0.462	-2.089	0.037	2.277	0.023	0.803	0.422
6194	59	1.008	0.313	-1.613	0.107	1.052	0.293	0.021	0.983
6250	59	2.425	0.015	-2.403	0.016	2.245	0.025	0.920	0.358
6366	61	0.041	0.968	-0.176	0.861	0.400	0.689	-0.450	0.653
6634	61	1.037	0.300	0.040	0.968	-0.007	0.995	-1.140	0.254
6676	61	0.875	0.382	0.028	0.977	0.466	0.641	-0.715	0.474
6706		0.435	0.664	0.787	0.431	-0.453	0.651	-0.325	0.745
6718		1.779	0.075	0.131	0.896	0.094	0.925	-0.075	0.940

Tabela A.3. Informação relativa ao preenchimento de falhas nas séries mensais de precipitação: nº de valores em falta; estações utilizadas para construir a série regional de referência para o preenchimento; coeficiente de determinação (R^2) da relação entre as estações com falhas e a média regional; e o método de preenchimento de falhas utilizado.

Estação com falhas	Nº falhas	Estações vizinhas para média regional	R^2	Método preenchimento
Montalegre	10	Sezelhe São Vicente de Chã Telhado Pitões	0.927	Regressão Linear
Mirandela	5	Rio Torto Folgares	0.870	Regressão Linear
Miranda do Douro	50	Pinelo Fonte Argozelo	0.889	MOVE.4
Régua	6	Leomil Tarouca	0.912	Regressão Linear
Pinhão	9	Adorigo	0.886	Regressão linear
Viseu	59	Mangualde Ermida Felgueiras	0.930	MOVE.4
Alvega	134	Gavião Abrantes	0.915	MOVE.4
Elvas	23	Vila Viçosa Arronches	0.820	Regressão Linear
V.R.S ^{to} António	98	Picota Castro Marim Figueirais	0.923	MOVE.4
Sagres	143	Lagos Albufeira Bravura	0.837	MOVE.4
Setúbal	111	Lisboa Águas de Moura Azeitão Moinhola	0.933	MOVE.4
Alcácer do Sal	122	Moinhola Grândola B. Pego do Altar	0.916	MOVE.4
Alvalade do Sado	2	Grândola São Domingos Azinheira de Barros	0.929	Regressão Linear
Mora	196	Pavia Avis Lavre	0.944	MOVE.4
Amareleja	287	Monsaraz Barrancos S ^{to} Aleixo Restauração	0.906	MOVE.4

Tabela A.4. Informação relativa ao preenchimento de falhas nas séries mensais de temperatura máxima: nº de valores em falta; estações de referência para o preenchimento; coeficiente de determinação (R^2) da relação entre as estações com falhas e as estações de referência; e o método de preenchimento de falhas utilizado.

Estação com falhas	Nº falhas	Estações vizinhas	R^2	Método preenchimento
Montalegre	14	Bragança	0.978	Regressão Linear
Mirandela	11	Bragança Miranda do Douro	0.983 0.985	Regressão Linear
Miranda do Douro	54	Bragança	0.991	MOVE.4
Régua	7	Pinhão	0.980	Regressão Linear
Pinhão	11	Régua	0.980	Regressão linear
Viseu	64	Coimbra	0.967	MOVE.4
Alvega	134	Coimbra	0.972	MOVE.4
Elvas	23	Évora	0.990	Regressão Linear
Évora	7	Beja	0.993	Regressão Linear
V.R.S ^{to} António	97	Beja	0.972	MOVE.4
Faro	295	Beja	0.974	MOVE.4
Sagres	144	Cabo da Roca	0.902	MOVE.4
Setúbal	111	Lisboa	0.988	MOVE.4
Alcácer do Sal	44	Setúbal	0.989	MOVE.4
Alvalade do Sado	49	Beja	0.989	MOVE.4
Mora	197	Évora	0.990	MOVE.4
Amareleja	296	Elvas	0.993	MOVE.4

Tabela A.5. Informação relativa ao preenchimento de falhas nas séries mensais de temperatura mínima: nº de valores em falta, estações de referência para o preenchimento; coeficiente de determinação (R^2) da relação entre as estações com falhas e as estações de referência; e o método de preenchimento de falhas utilizado.

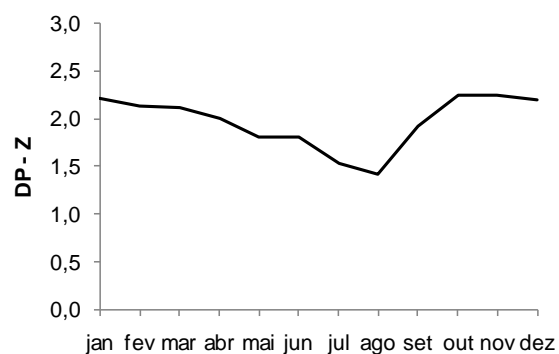
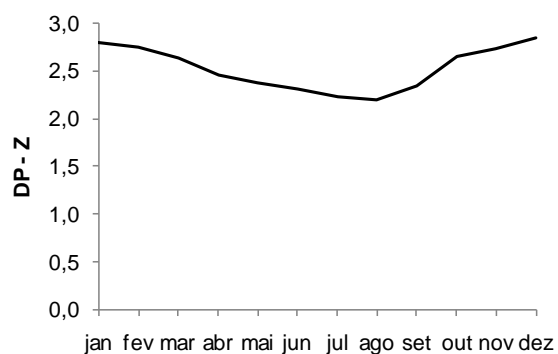
Estação com falhas	Nº falhas	Estações vizinhas	R^2	Método preenchimento
Braga	3	Porto	0.971	Regressão Linear
Montalegre	10	Bragança	0.951	Regressão Linear
Mirandela	26	Bragança Miranda do Douro	0.959 0.973	Regressão Linear
Miranda do Douro	54	Bragança	0.979	MOVE.4
Régua	7	Pinhão	0.949	Regressão Linear
Pinhão	18	Régua	0.949	Regressão linear
Viseu	64	Coimbra	0.954	MOVE.4
Alvega	148	Coimbra	0.928	MOVE.4
Elvas	23	Évora	0.955	Regressão Linear
Évora	8	Beja	0.978	Regressão Linear
V.R.S ^{to} António	115	Beja	0.946	MOVE.4
Faro	295	Beja	0.960	MOVE.4
Sagres	146	Cabo da Roca	0.812	MOVE.4
Setúbal	111	Lisboa	0.945	MOVE.4
Alcácer do Sal	75	Setúbal	0.942	MOVE.4
Alvalade do Sado	5	Beja	0.862	MOVE.4
Mora	201	Lisboa	0.903	MOVE.4
Amareleja	294	Elvas	0.969	MOVE.4

ANEXO B

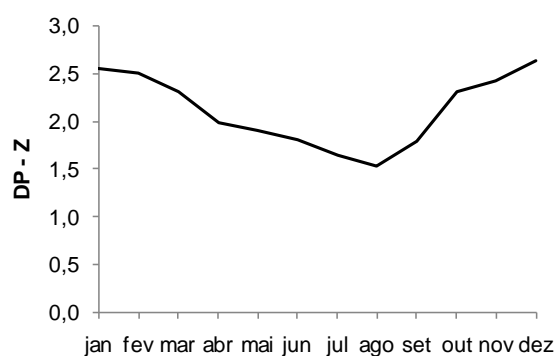
Tabela B.1. Exemplo do procedimento de 'backtracking' de substituição de valores passados do PDSI, Évora

Ano	Mês	Z _i	U _{wet}	U _{dry}	Z _e	P _e	X ₁	X ₂	X ₃	PDSI
1942	FEV	-0,85	0	0	0	0	0	0	0	0
1942	MAR	4,75	0	0	0	0	1,58	0	1,58	1,58
1942	ABR	2,4	0	0	0	0	2,22	0	2,22	2,22
1942	MAI	-0,84	0	-0,99	-4,47	22,1	1,71	-0,28	1,71	1,71
1942	JUN	0,25	0	0,1	-3,11	21,7	1,62	-0,17	1,62	1,62
1942	JUL	-0,49	0	-0,64	-2,86	40,8	1,29	-0,31	1,29	1,29
1942	AGO	1,2	0	1,05	-1,97	13,7	1,56	0	1,56	1,56
1942	SET	0,88	0	0,73	-2,69	0	1,69	0	1,69	1,69
1942	OUT	4,11	0	3,96	-3,04	0	2,88	0	2,88	2,88
1942	NOV	0,34	0	0,19	-6,26	0	2,7	0	2,7	2,7
1942	DEZ	0,87	0	0,72	-5,77	0	2,71	0	2,71	2,71
1943	JAN	1,68	0	1,53	-5,8	0	2,99	0	2,99	2,99
1943	FEV	0,11	0	-0,04	-6,56	0,6	2,72	0	2,72	2,72
1943	MAR	2,26	0	2,11	-5,82	0	3,19	0	3,19	3,19
1943	ABR	1,52	0	1,37	-7,1	0	3,37	0	3,37	3,37
1943	MAI	-1,97	0	-2,12	-7,58	28	2,37	-0,66	2,37	2,37
1943	JUN	-2,13	0	-2,28	-4,87	62,9	1,41	-1,3	1,41	1,41
1943	JUL	1,38	0	1,23	-2,31	47,3	1,73	-0,71	1,73	1,73
1943	AGO	-0,82	0	-0,97	-3,15	65,5	1,28	-0,91	1,28	1,28
1943	SET	2,51	0	2,36	-1,94	29,3	1,98	0	1,98	1,98
1943	OUT	-0,42	0	-0,57	-3,83	41,9	1,64	-0,14	1,64	-0,14
1943	NOV	-1,61	0	-1,76	-2,91	78,2	0,93	-0,66	0,93	-0,66
1943	DEZ	-0,61	0	-0,76	-1,01	95,1	0,63	-0,8	0,63	-0,8
1944	JAN	-3,02	0	-3,17	-0,2	100	0	-1,72	0	-1,72

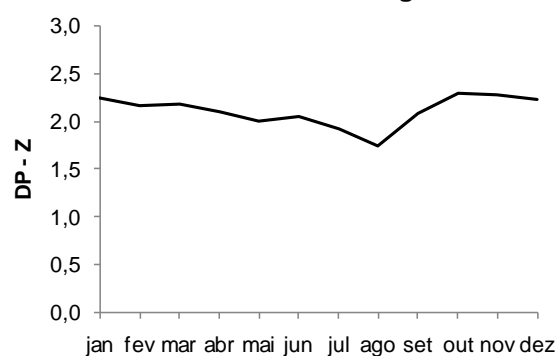
ANEXO C



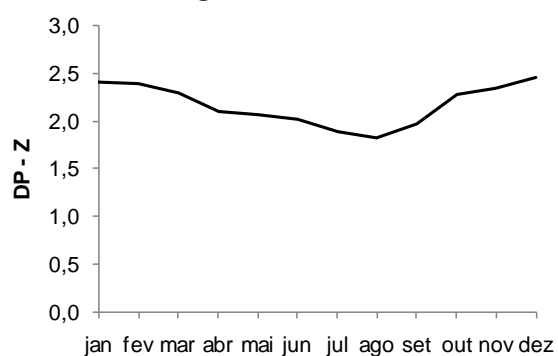
MedPDSI – K nova



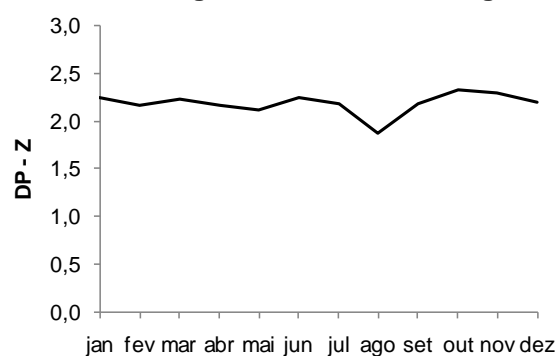
MedPDSI – K original



PDSI orig. Thornthwaite – K nova



PDSI orig. Thornthwaite – K original



PDSI orig. FAO-PM – K nova

PDSI orig. FAO-PM – K original

Fig. C.1. Variação sazonal do desvio padrão (DP) do índice de anomalia de humidade, z , dado como a média, para cada mês do ano, dos DP de z em 14 estações meteorológicas localizadas a Norte do rio Tejo.

Tabela C.1. Relação entre os valores do índice de anomalia de humidade, z , obtidos quando os métodos MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO Penman-Monteith utilizam a nova formulação da característica climática (y) e a formulação original da característica climática (x).

Estação	z - MedPDSI		z - PDSI orig Thornthwaite		z - PDSI orig FAO PM	
	Equação	R ²	Equação	R ²	Equação	R ²
Braga	$y=1.29x$	0.99	$y=1.18x$	0.96	$y=1.09x$	0.97
Porto	$y=1.20x$	0.99	$y=1.05x$	0.99	$y=1.02x$	0.99
Montalegre	$y=1.29x$	0.98	$y=1.21x$	0.93	$y=1.09x$	0.96
Bragança	$y=1.12x$	0.99	$y=0.91x$	1.00	$y=0.94x$	0.99
Miranda Douro	$y=1.08x$	0.99	$y=0.86x$	0.99	$y=0.91x$	0.99
Mirandela	$y=1.05x$	0.99	$y=0.82x$	0.99	$y=0.89x$	0.99
Régua	$y=1.17x$	0.99	$y=0.99x$	0.99	$y=0.99x$	0.99
Pinhão	$y=1.06x$	0.99	$y=0.87x$	0.99	$y=0.90x$	0.99
Penhas Dour.	$y=1.33x$	0.96	$y=1.25x$	0.90	$y=1.11x$	0.95
Viseu	$y=1.24x$	0.99	$y=1.09x$	0.98	$y=1.05x$	0.98
Coimbra	$y=1.17x$	0.99	$y=0.97x$	1.00	$y=0.99x$	1.00
Cabo Carvoeiro	$y=1.04x$	0.96	$y=0.83x$	0.99	$y=0.86x$	0.99
Alvega	$y=1.12x$	0.99	$y=0.95x$	0.99	$y=0.93x$	0.98
Portalegre	$y=1.15x$	0.99	$y=1.01x$	0.99	$y=0.97x$	0.99
Cabo da Roca	$y=0.99x$	0.96	$y=0.79x$	0.99	$y=0.84x$	0.98
Lisboa	$y=1.11x$	0.97	$y=0.92x$	1.00	$y=0.93x$	0.99
Setúbal	$y=1.10x$	0.97	$y=0.94x$	0.99	$y=0.94x$	0.98
Alcácer do Sal	$y=1.06x$	0.97	$y=0.85x$	0.99	$y=0.89x$	0.98
Mora	$y=1.07x$	0.98	$y=0.88x$	0.99	$y=0.91x$	0.99
Évora	$y=1.08x$	0.98	$y=0.89x$	0.99	$y=0.92x$	0.99
Elvas	$y=1.04x$	0.97	$y=0.84x$	0.99	$y=0.88x$	0.99
Alvalade	$y=1.04x$	0.95	$y=0.82x$	0.99	$y=0.87x$	0.97
Beja	$y=1.05x$	0.97	$y=0.85x$	0.99	$y=0.88x$	0.98
Amareleja	$y=1.03x$	0.95	$y=0.84x$	0.99	$y=0.87x$	0.96
Sagres	$y=0.99x$	0.96	$y=0.79x$	0.99	$y=0.84x$	0.98
Faro	$y=1.00x$	0.95	$y=0.82x$	0.99	$y=0.84x$	0.97
V.R.S ^{to} António	$y=0.98x$	0.94	$y=0.81x$	0.99	$y=0.83x$	0.96

ANEXO D

Tabela D.1. Equações para cálculo do MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO Penman-Monteith durante períodos secos, resultantes do procedimento de calibração do PDSI para secas extremamente severas de diferentes durações que ocorreram em cada localidade analisada.

Estação	MedPDSI	PDSI orig Thornthwaite	PDSI orig FAO PM
Braga	$X_i = 0.918X_{i-1} + 0.257z_i$	$X_i = 0.889X_{i-1} + 0.327z_i$	$X_i = 0.912X_{i-1} + 0.261z_i$
Porto	$X_i = 0.854X_{i-1} + 0.403z_i$	$X_i = 0.895X_{i-1} + 0.351z_i$	$X_i = 0.885X_{i-1} + 0.357z_i$
Montalegre	$X_i = 0.914X_{i-1} + 0.300z_i$	$X_i = 0.896X_{i-1} + 0.304z_i$	$X_i = 0.922X_{i-1} + 0.290z_i$
Bragança	$X_i = 0.850X_{i-1} + 0.400z_i$	$X_i = 0.878X_{i-1} + 0.424z_i$	$X_i = 0.853X_{i-1} + 0.404z_i$
Miranda Douro	$X_i = 0.900X_{i-1} + 0.321z_i$	$X_i = 0.852X_{i-1} + 0.424z_i$	$X_i = 0.869X_{i-1} + 0.385z_i$
Mirandela	$X_i = 0.861X_{i-1} + 0.387z_i$	$X_i = 0.894X_{i-1} + 0.354z_i$	$X_i = 0.844X_{i-1} + 0.446z_i$
Régua	$X_i = 0.924X_{i-1} + 0.293z_i$	$X_i = 0.838X_{i-1} + 0.494z_i$	$X_i = 0.933X_{i-1} + 0.288z_i$
Pinhão	$X_i = 0.874X_{i-1} + 0.391z_i$	$X_i = 0.897X_{i-1} + 0.348z_i$	$X_i = 0.854X_{i-1} + 0.422z_i$
Penhas Dour.	$X_i = 0.865X_{i-1} + 0.371z_i$	$X_i = 0.880X_{i-1} + 0.322z_i$	$X_i = 0.870X_{i-1} + 0.370z_i$
Viseu	$X_i = 0.911X_{i-1} + 0.234z_i$	$X_i = 0.899X_{i-1} + 0.234z_i$	$X_i = 0.919X_{i-1} + 0.224z_i$
Coimbra	$X_i = 0.867X_{i-1} + 0.347z_i$	$X_i = 0.888X_{i-1} + 0.301z_i$	$X_i = 0.890X_{i-1} + 0.298z_i$
Cabo Carvoeiro	$X_i = 0.874X_{i-1} + 0.229z_i$	$X_i = 0.910X_{i-1} + 0.253z_i$	$X_i = 0.879X_{i-1} + 0.233z_i$
Alvega	$X_i = 0.900X_{i-1} + 0.284z_i$	$X_i = 0.918X_{i-1} + 0.242z_i$	$X_i = 0.920X_{i-1} + 0.253z_i$
Portalegre	$X_i = 0.911X_{i-1} + 0.318z_i$	$X_i = 0.935X_{i-1} + 0.266z_i$	$X_i = 0.949X_{i-1} + 0.251z_i$
Cabo da Roca	$X_i = 0.799X_{i-1} + 0.400z_i$	$X_i = 0.795X_{i-1} + 0.472z_i$	$X_i = 0.804X_{i-1} + 0.431z_i$
Lisboa	$X_i = 0.876X_{i-1} + 0.334z_i$	$X_i = 0.944X_{i-1} + 0.220z_i$	$X_i = 0.870X_{i-1} + 0.346z_i$
Setúbal	$X_i = 0.908X_{i-1} + 0.300z_i$	$X_i = 0.925X_{i-1} + 0.261z_i$	$X_i = 0.928X_{i-1} + 0.273z_i$
Alcácer do Sal	$X_i = 0.864X_{i-1} + 0.364z_i$	$X_i = 0.925X_{i-1} + 0.272z_i$	$X_i = 0.909X_{i-1} + 0.303z_i$
Mora	$X_i = 0.903X_{i-1} + 0.289z_i$	$X_i = 0.940X_{i-1} + 0.257z_i$	$X_i = 0.923X_{i-1} + 0.302z_i$
Évora	$X_i = 0.909X_{i-1} + 0.303z_i$	$X_i = 0.921X_{i-1} + 0.302z_i$	$X_i = 0.932X_{i-1} + 0.279z_i$
Elvas	$X_i = 0.917X_{i-1} + 0.298z_i$	$X_i = 0.918X_{i-1} + 0.282z_i$	$X_i = 0.922X_{i-1} + 0.309z_i$
Alvalade	$X_i = 0.911X_{i-1} + 0.274z_i$	$X_i = 0.934X_{i-1} + 0.239z_i$	$X_i = 0.941X_{i-1} + 0.253z_i$
Beja	$X_i = 0.905X_{i-1} + 0.302z_i$	$X_i = 0.921X_{i-1} + 0.266z_i$	$X_i = 0.927X_{i-1} + 0.277z_i$
Amareleja	$X_i = 0.885X_{i-1} + 0.353z_i$	$X_i = 0.908X_{i-1} + 0.299z_i$	$X_i = 0.944X_{i-1} + 0.254z_i$
Sagres	$X_i = 0.891X_{i-1} + 0.290z_i$	$X_i = 0.847X_{i-1} + 0.398z_i$	$X_i = 0.902X_{i-1} + 0.303z_i$
Faro	$X_i = 0.889X_{i-1} + 0.331z_i$	$X_i = 0.950X_{i-1} + 0.262z_i$	$X_i = 0.909X_{i-1} + 0.361z_i$
V.R.S ^{to} António	$X_i = 0.918X_{i-1} + 0.287z_i$	$X_i = 0.926X_{i-1} + 0.278z_i$	$X_i = 0.919X_{i-1} + 0.310z_i$

Tabela D.2. Equações para cálculo do MedPDSI, PDSI original Thornthwaite e PDSI original FAO Penman-Monteith durante períodos húmidos, resultantes do procedimento de calibração do PDSI para eventos extremamente húmidos de diferentes durações que ocorreram em cada localidade analisada.

Estação	MedPDSI	PDSI orig Thornthwaite	PDSI orig FAO PM
Braga	$X_i = 0.857X_{i-1} + 0.238z_i$	$X_i = 0.896X_{i-1} + 0.204z_i$	$X_i = 0.874X_{i-1} + 0.244z_i$
Porto	$X_i = 0.947X_{i-1} + 0.162z_i$	$X_i = 0.940X_{i-1} + 0.188z_i$	$X_i = 0.927X_{i-1} + 0.207z_i$
Montalegre	$X_i = 0.973X_{i-1} + 0.154z_i$	$X_i = 0.979X_{i-1} + 0.143z_i$	$X_i = 0.976X_{i-1} + 0.162z_i$
Bragança	$X_i = 0.974X_{i-1} + 0.155z_i$	$X_i = 0.956X_{i-1} + 0.221z_i$	$X_i = 0.973X_{i-1} + 0.156z_i$
Miranda Douro	$X_i = 0.911X_{i-1} + 0.205z_i$	$X_i = 0.896X_{i-1} + 0.307z_i$	$X_i = 0.909X_{i-1} + 0.228z_i$
Mirandela	$X_i = 0.910X_{i-1} + 0.216z_i$	$X_i = 0.896X_{i-1} + 0.311z_i$	$X_i = 0.828X_{i-1} + 0.351z_i$
Régua	$X_i = 0.897X_{i-1} + 0.227z_i$	$X_i = 0.922X_{i-1} + 0.237z_i$	$X_i = 0.920X_{i-1} + 0.240z_i$
Pinhão	$X_i = 0.930X_{i-1} + 0.144z_i$	$X_i = 0.919X_{i-1} + 0.162z_i$	$X_i = 0.930X_{i-1} + 0.160z_i$
Penhas Dour.	$X_i = 0.912X_{i-1} + 0.209z_i$	$X_i = 0.889X_{i-1} + 0.217z_i$	$X_i = 0.897X_{i-1} + 0.240z_i$
Viseu	$X_i = 0.917X_{i-1} + 0.198z_i$	$X_i = 0.925X_{i-1} + 0.208z_i$	$X_i = 0.876X_{i-1} + 0.278z_i$
Coimbra	$X_i = 0.872X_{i-1} + 0.260z_i$	$X_i = 0.931X_{i-1} + 0.229z_i$	$X_i = 0.930X_{i-1} + 0.229z_i$
Cabo Carvoeiro	$X_i = 0.792X_{i-1} + 0.299z_i$	$X_i = 0.829X_{i-1} + 0.405z_i$	$X_i = 0.913X_{i-1} + 0.277z_i$
Alvega	$X_i = 0.963X_{i-1} + 0.177z_i$	$X_i = 0.949X_{i-1} + 0.253z_i$	$X_i = 0.901X_{i-1} + 0.285z_i$
Portalegre	$X_i = 0.981X_{i-1} + 0.167z_i$	$X_i = 0.961X_{i-1} + 0.233z_i$	$X_i = 0.987X_{i-1} + 0.159z_i$
Cabo da Roca	$X_i = 0.899X_{i-1} + 0.280z_i$	$X_i = 0.862X_{i-1} + 0.400z_i$	$X_i = 0.895X_{i-1} + 0.313z_i$
Lisboa	$X_i = 0.911X_{i-1} + 0.268z_i$	$X_i = 0.773X_{i-1} + 0.450z_i$	$X_i = 0.785X_{i-1} + 0.353z_i$
Setúbal	$X_i = 0.937X_{i-1} + 0.240z_i$	$X_i = 0.955X_{i-1} + 0.247z_i$	$X_i = 0.945X_{i-1} + 0.248z_i$
Alcácer do Sal	$X_i = 0.874X_{i-1} + 0.308z_i$	$X_i = 0.820X_{i-1} + 0.417z_i$	$X_i = 0.755X_{i-1} + 0.462z_i$
Mora	$X_i = 0.939X_{i-1} + 0.222z_i$	$X_i = 0.858X_{i-1} + 0.328z_i$	$X_i = 0.888X_{i-1} + 0.281z_i$
Évora	$X_i = 0.919X_{i-1} + 0.238z_i$	$X_i = 0.934X_{i-1} + 0.313z_i$	$X_i = 0.900X_{i-1} + 0.277z_i$
Elvas	$X_i = 0.895X_{i-1} + 0.299z_i$	$X_i = 0.868X_{i-1} + 0.402z_i$	$X_i = 0.933X_{i-1} + 0.242z_i$
Alvalade	$X_i = 0.915X_{i-1} + 0.263z_i$	$X_i = 0.934X_{i-1} + 0.331z_i$	$X_i = 0.928X_{i-1} + 0.300z_i$
Beja	$X_i = 0.953X_{i-1} + 0.207z_i$	$X_i = 0.884X_{i-1} + 0.320z_i$	$X_i = 0.945X_{i-1} + 0.246z_i$
Amareleja	$X_i = 0.833X_{i-1} + 0.338z_i$	$X_i = 0.878X_{i-1} + 0.408z_i$	$X_i = 0.828X_{i-1} + 0.412z_i$
Sagres	$X_i = 0.892X_{i-1} + 0.269z_i$	$X_i = 0.880X_{i-1} + 0.347z_i$	$X_i = 0.954X_{i-1} + 0.179z_i$
Faro	$X_i = 0.926X_{i-1} + 0.198z_i$	$X_i = 0.958X_{i-1} + 0.205z_i$	$X_i = 0.957X_{i-1} + 0.188z_i$
V.R.S ^{to} António	$X_i = 0.945X_{i-1} + 0.210z_i$	$X_i = 0.971X_{i-1} + 0.238z_i$	$X_i = 0.952X_{i-1} + 0.229z_i$

Tabela D.3. Relação entre os valores do índice de anomalia de humidade, z , obtidos pelo método MedPDSI (y) e pelos métodos PDSI original ET-Thornthwaite (x) e PDSI original FAO Penman-Monteith (x), para várias localidades em Portugal Continental.

Estação	MedPDSI vs PDSI orig Thorn		MedPDSI vs PDSI orig FAO PM	
	Equação	R^2	Equação	R^2
Braga	$y=0.98x$	0.97	$y=1.05x$	0.97
Porto	$y=1.05x$	0.97	$y=1.06x$	0.96
Montalegre	$y=0.96x$	0.97	$y=1.05x$	0.97
Bragança	$y=1.14x$	0.95	$y=1.06x$	0.95
Miranda Douro	$y=1.17x$	0.94	$y=1.07x$	0.96
Mirandela	$y=1.18x$	0.91	$y=1.07x$	0.95
Régua	$y=1.08x$	0.94	$y=1.05x$	0.96
Pinhão	$y=1.12x$	0.93	$y=1.06x$	0.95
Penhas Dour.	$y=0.94x$	0.97	$y=1.05x$	0.97
Viseu	$y=1.02x$	0.95	$y=1.04x$	0.95
Coimbra	$y=1.10x$	0.95	$y=1.05x$	0.95
Cabo Carvoeiro	$y=0.90x$	0.91	$y=1.06x$	0.93
Alvega	$y=1.09x$	0.93	$y=1.04x$	0.92
Portalegre	$y=1.05x$	0.93	$y=1.04x$	0.93
Cabo da Roca	$y=1.16x$	0.90	$y=1.06x$	0.93
Lisboa	$y=1.11x$	0.94	$y=1.05x$	0.94
Setúbal	$y=1.07x$	0.89	$y=1.04x$	0.93
Alcácer do Sal	$y=1.14x$	0.90	$y=1.04x$	0.92
Mora	$y=1.13x$	0.93	$y=1.05x$	0.94
Évora	$y=1.14x$	0.95	$y=1.06x$	0.95
Elvas	$y=1.13x$	0.89	$y=1.05x$	0.93
Alvalade	$y=1.13x$	0.87	$y=1.02x$	0.88
Beja	$y=1.13x$	0.90	$y=1.04x$	0.91
Amareleja	$y=1.11x$	0.86	$y=1.05x$	0.92
Sagres	$y=1.16x$	0.91	$y=1.05x$	0.92
Faro	$y=1.12x$	0.89	$y=1.06x$	0.93
V.R.S ^{to} António	$y=1.12x$	0.86	$y=1.04x$	0.91

Tabela D.4. Relação entre os valores do PDSI obtidos pelo método MedPDSI (y) e pelos métodos PDSI original ET-Thornthwaite (x) e PDSI original FAO Penman-Monteith (x), para várias localidades em Portugal Continental.

Estação	MedPDSI vs. PDSI orig Thorn		MedPDSI vs. PDSI orig FAO PM	
	Equação	R ²	Equação	R ²
Porto	$y = 0,99x - 0,05$	0.91	$y = 0,99x + 0,03$	0.94
Montalegre	$y = 0,96x + 0,00$	0.88	$y = 0,95x - 0,01$	0.90
Miranda Douro	$y = 0,92x - 0,28$	0.81	$y = 0,95x - 0,12$	0.93
Mirandela	$y = 0,91x - 0,22$	0.86	$y = 0,91x - 0,03$	0.89
Régua	$y = 0,82x - 0,20$	0.76	$y = 0,90x - 0,13$	0.92
Pinhão	$y = 0,96x - 0,17$	0.83	$y = 0,93x - 0,19$	0.88
Penhas Dour.	$y = 0,98x - 0,08$	0.92	$y = 0,97x - 0,12$	0.95
Cabo Carvoeiro	$y = 0,78x - 0,09$	0.81	$y = 0,72x - 0,31$	0.77
Alvega	$y = 0,85x - 0,23$	0.68	$y = 0,90x + 0,07$	0.71
Cabo da Roca	$y = 0,88x - 0,06$	0.85	$y = 0,90x - 0,06$	0.96
Setúbal	$y = 0,85x - 0,48$	0.68	$y = 0,91x - 0,21$	0.81
Alcácer do Sal	$y = 0,95x + 0,03$	0.71	$y = 0,94x + 0,14$	0.79
Mora	$y = 0,99x + 0,14$	0.73	$y = 0,91x + 0,24$	0.81
Évora	$y = 0,91x - 0,37$	0.93	$y = 0,98x + 0,05$	0.94
Elvas	$y = 1,03x - 0,28$	0.75	$y = 0,94x - 0,15$	0.87
Alvalade	$y = 0,86x - 0,43$	0.69	$y = 0,87x - 0,06$	0.82
Amareleja	$y = 0,88x - 0,43$	0.77	$y = 0,89x - 0,04$	0.87
Sagres	$y = 0,91x - 0,05$	0.82	$y = 0,88x - 0,11$	0.87
V.R.S ^{to} António	$y = 0,75x - 0,49$	0.57	$y = 0,93x - 0,06$	0.86

Tabela D.5. Relação entre os valores simultaneamente negativos do PDSI obtidos pelo método MedPDSI (y) e pelos métodos PDSI original ET-Thornthwaite (x) e PDSI original FAO Penman-Monteith (x), para várias localidades em Portugal Continental.

Estação	MedPDSI vs PDSI orig Thorn		MedPDSI vs PDSI orig FAO PM	
	Equação	R ²	Equação	R ²
Braga	$y=0.96x$	0.93	1.10	0.97
Porto	$y=1.01x$	0.95	1.00	0.98
Montalegre	$y=1.04x$	0.95	1.02	0.98
Bragança	$y=0.95x$	0.94	1.00	0.98
Miranda Douro	$y=1.08x$	0.88	1.00	0.97
Mirandela	$y=1.04x$	0.90	0.98	0.97
Régua	$y=0.92x$	0.85	0.97	0.96
Pinhão	$y=1.06x$	0.91	1.04	0.96
Penhas Dour.	$y=1.02x$	0.97	1.02	0.99
Viseu	$y=1.11x$	0.92	1.02	0.96
Coimbra	$y=1.15x$	0.93	1.06	0.97
Cabo Carvoeiro	$y=0.90x$	0.91	0.98	0.98
Alvega	$y=1.13x$	0.91	1.07	0.97
Portalegre	$y=1.05x$	0.95	1.00	0.95
Cabo da Roca	$y=0.94x$	0.95	0.92	0.97
Lisboa	$y=1.09x$	0.85	1.06	0.95
Setúbal	$y=1.09x$	0.92	1.04	0.96

Tabela D.5. (continuação).

Estação	MedPDSI vs PDSI orig Thorn		MedPDSI vs PDSI orig FAO PM	
	Equação	R ²	Equação	R ²
Alcácer do Sal	y=1.07x	0.85	1.03	0.96
Mora	y=1.03x	0.88	0.89	0.96
Évora	y=1.07x	0.96	0.99	0.98
Elvas	y=1.22x	0.83	1.01	0.96
Alvalade	y=1.11x	0.85	0.96	0.97
Beja	y=1.14x	0.93	1.04	0.97
Amareleja	y=1.11x	0.83	0.98	0.90
Sagres	y=0.98x	0.92	0.92	0.98
Faro	y=0.90x	0.85	0.86	0.98
V.R.S ^{to} António	y=1.08x	0.85	1.02	0.98

Tabela D.6. Número de secas e características médias das secas identificadas pelo MedPDSI, por localidade, no período 1941-2006; Intens - intensidade; t_c – tempo de confirmação.

Estação	Nº secas	Duração	Intens	t _c	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Alvalade	13	22,8	-2,40	3,4	15,0	14,6	7,8	3,8
Alcácer do Sal	21	15,2	-2,25	3,1	20,3	14,0	7,3	2,5
Alvega	15	19,4	-2,19	5,9	18,6	12,2	5,6	2,7
Amareleja	19	18,0	-2,32	3,6	21,1	13,3	9,0	4,3
Beja	13	23,0	-2,54	3,1	15,2	12,5	7,4	4,4
Braga	20	17,9	-2,18	3,9	19,1	15,8	8,8	2,7
Bragança	18	16,7	-2,26	4,4	15,8	13,0	6,3	3,2
Coimbra	21	15,8	-2,26	3,8	19,2	14,3	8,6	3,7
Elvas	15	26,0	-2,22	4,7	20,3	13,4	12,0	4,4
Évora	16	20,8	-2,28	3,8	18,9	12,4	9,6	4,8
Faro	14	21,1	-2,68	3,5	13,8	12,5	9,3	5,6
Lisboa	20	15,1	-2,18	3,2	21,7	13,4	6,1	3,4
Miranda do Douro	18	20,2	-2,29	4,1	17,3	16,3	8,5	3,4
Mirandela	22	13,8	-2,27	2,9	19,4	12,4	7,4	3,8
Montalegre	19	15,9	-2,44	3,3	11,5	15,0	7,2	3,4
Mora	12	33,3	-2,11	8,9	20,2	14,1	6,9	2,9
Penhas Douradas	25	13,1	-2,48	2,0	17,3	15,3	9,8	4,4
Pinhão	24	14,4	-2,33	3,1	17,6	16,2	9,0	3,9
Portalegre	18	17,9	-2,28	3,6	15,4	14,6	7,3	3,3
Porto	22	13,5	-2,49	2,3	13,1	12,6	10,9	4,4
Régua	22	17,4	-2,33	4,0	19,1	16,2	7,4	5,7
Setúbal	20	14,8	-2,18	4,0	22,6	12,8	4,8	3,8
Viseu	16	19,6	-1,98	4,7	20,5	12,8	5,6	2,3
Vila Real S ^{to} Ant ^o	15	21,5	-2,38	5,1	17,3	11,0	9,6	4,7
Cabo da Roca	16	12,4	-2,26	3,5	18,8	9,5	2,7	2,9
Cabo Carvoeiro	8	16,5	-2,12	5,4	15,9	4,4	2,1	2,3
Sagres	14	18,6	-2,34	4,7	13,1	11,9	5,9	3,7
Média	18	18,3	-2,30	4,0	17,7	13,2	7,5	3,7

Tabela D.7. Número de secas e características médias das secas identificadas pelo PDSI original ET-Thornthwaite, por localidade, no período 1941-2006; Intens - intensidade; t_c – tempo de confirmação.

Estação	Nº secas	Duração	Intens	t_c	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Alvalade	9	17,9	-2,42	3,4	15,3	7,1	5,9	2,3
Alcácer do Sal	13	21,9	-2,11	6,9	22,9	13,1	2,5	2,7
Alvega	10	21,0	-2,22	3,3	17,2	9,8	3,4	1,8
Amareleja	12	20,8	-2,15	5,7	19,8	8,3	6,1	3,0
Beja	11	18,4	-2,28	5,5	17,8	7,3	5,3	2,9
Braga	24	13,2	-2,25	2,8	19,7	13,8	9,0	3,0
Bragança	19	15,6	-2,38	3,2	18,4	13,6	5,9	3,9
Coimbra	15	17,6	-2,19	2,7	17,2	15,5	4,5	1,6
Elvas	12	23,5	-2,05	6,3	22,1	12,0	4,0	2,3
Évora	17	18,6	-2,12	6,0	20,1	10,6	7,2	3,8
Faro	10	33,9	-2,67	7,3	18,2	14,0	7,7	6,3
Lisboa	11	28,5	-2,04	7,3	21,8	11,5	4,5	2,5
Miranda do Douro	21	13,0	-2,14	2,5	19,6	13,4	5,3	2,4
Mirandela	17	17,7	-2,05	4,9	18,7	13,0	4,5	3,3
Montalegre	19	16,5	-2,25	3,5	15,0	13,0	6,8	2,5
Mora	10	30,9	-2,12	6,0	21,6	13,9	3,8	2,9
Penhas Douradas	24	13,8	-2,40	2,5	17,8	15,5	7,8	4,2
Pinhão	20	16,0	-2,16	3,5	19,7	12,5	7,1	3,4
Portalegre	19	15,1	-2,13	4,1	14,9	13,3	5,6	2,4
Porto	20	14,4	-2,39	2,9	11,5	11,4	10,2	4,3
Régua	27	12,4	-2,44	2,2	15,7	14,3	8,8	6,3
Setúbal	13	14,2	-2,21	3,6	18,3	6,7	5,1	1,8
Viseu	11	19,9	-2,00	4,0	19,6	10,4	3,2	1,5
Vila Real S ^{to} Ant ^o	10	24,3	-2,49	5,5	13,4	12,5	5,1	2,1
Cabo da Roca	15	12,9	-2,37	3,7	17,9	7,8	5,6	2,7
Cabo Carvoeiro	10	18,5	-2,18	6,7	20,3	5,9	2,3	2,7
Sagres	14	16,1	-2,40	2,9	15,8	10,9	6,4	2,1
Média	15	18,8	-2,24	4,4	18,2	11,5	5,7	3,0

Tabela D.8. Número de secas e características médias das secas identificadas pelo PDSI original ET-FAO Penman-Monteith, por localidade, no período 1941-2006; Intens - intensidade; t_c – tempo de confirmação.

Estação	Nº secas	Duração	Intens	t_c	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Alvalade	11	28,2	-2,43	4,5	17,7	12,4	8,3	4,2
Alcácer do Sal	18	18,5	-2,15	4,5	24,2	14,6	4,3	2,5
Alvega	14	17,1	-2,22	4,0	18,7	11,4	4,5	2,1
Amareleja	14	24,5	-2,28	5,4	19,9	12,8	11,0	3,7
Beja	13	24,7	-2,29	5,8	20,6	9,7	8,2	3,5
Braga	20	15,6	-2,11	3,5	18,7	15,9	5,4	1,3
Bragança	20	13,8	-2,31	3,0	15,5	12,2	7,1	2,3
Coimbra	17	16,5	-2,30	2,7	17,8	13,9	5,3	3,7
Elvas	16	21,7	-2,31	4,4	17,9	13,1	11,2	3,9
Évora	16	22,2	-2,22	5,5	21,1	11,4	8,8	5,2
Faro	14	22,1	-2,99	2,4	9,1	13,3	9,7	9,0
Lisboa	18	15,3	-2,17	3,1	24,2	11,4	5,1	2,5
Miranda do Douro	19	17,0	-2,37	3,3	15,0	17,2	8,0	2,9
Mirandela	23	13,0	-2,33	1,9	18,2	14,1	7,6	3,8
Montalegre	19	16,7	-2,31	3,5	13,4	14,0	6,6	3,5
Mora	15	24,3	-2,29	5,1	20,2	13,6	9,1	5,4

Tabela D.8. (continuação).

Estação	Nº secas	Duração	Intens	t _c	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Penhas Douradas	25	13,2	-2,46	2,4	17,2	15,3	9,1	3,8
Pinhão	25	13,7	-2,22	3,4	18,7	15,9	6,7	3,4
Portalegre	17	18,9	-2,20	3,9	17,0	13,1	5,7	3,7
Porto	19	15,3	-2,47	2,0	12,8	13,0	10,6	4,8
Régua	20	19,4	-2,32	4,3	17,4	16,8	8,5	5,9
Setúbal	19	14,8	-2,12	4,6	21,5	10,2	4,5	3,2
Viseu	11	27,2	-2,26	3,5	18,3	14,0	5,1	2,4
Vila Real S ^{to} Ant ^o	15	22,3	-2,30	5,2	16,9	13,0	8,5	4,0
Cabo da Roca	17	11,6	-2,25	3,6	16,3	9,0	5,7	2,8
Cabo Carvoeiro	7	17,9	-2,23	6,6	15,9	4,4	2,1	2,3
Sagres	14	18,8	-2,50	3,1	13,1	11,9	5,9	3,7
Média	17	18,7	-2,31	3,9	17,7	12,9	7,1	3,7

Tabela D.9. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET-Thornthwaite: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

	MedPDSI						PDSI original ET-Thornthwaite					
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c		Início	Fim	Dur	Intens	t _c	
23	out 1941	fev 1942	5	-2,17	2		out 1941	fev 1942	5	-2,95	1	
	abr 1943	fev 1946	35	-3,31	1		mar 1943	fev 1946	36	-2,82	1	
	abr 1948	jan 1950	22	-3,02	6		mar 1948	jan 1950	23	-3,02	7	
	jan 1952	mai 1954	29	-1,74	13		jan 1952	out 1952	10	-1,48	1	
	mai 1955	fev 1956	10	-1,7	4		abr 1955	fev 1956	11	-1,87	5	
	nov 1956	mai 1958	19	-1,59	2		nov 1956	jan 1957	3	-1,69	2	
	jun 1962	dez 1962	7	-2,23	3		jun 1962	dez 1962	7	-2,2	3	
	nov 1964	ago 1965	10	-2,01	1		nov 1964	ago 1965	10	-2,03	1	
	jan 1967	jan 1968	13	-1,38	11		dez 1966	jan 1968	14	-1,54	12	
	out 1970	mar 1971	6	-1,9	2		out 1970	mar 1971	6	-2,34	1	
	nov 1971	dez 1973	26	-1,59	1		out 1971	dez 1971	3	-2,3	1	
	out 1974	jul 1976	22	-2,82	7		out 1974	jul 1976	22	-2,6	2	
	ago 1978	nov 1978	4	-2,11	2		set 1978	nov 1978	3	-2,12	2	
	dez 1979	mar 1983	40	-2,03	11		dez 1980	nov 1981	12	-2,14	1	
	dez 1988	mar 1993	52	-2,79	1		dez 1988	mar 1993	52	-2,71	1	
	dez 1998	mar 1999	4	-1,89	2		nov 1998	jul 1999	9	-2,1	2	
	dez 2001	ago 2002	9	-2,56	1		set 2001	ago 2002	12	-2,78	3	
11	set 2003	jul 2004	11	-1,98	5		mai 2003	jul 2004	15	-2,24	4	
	dez 2004	set 2006	22	-3,26	1		nov 2004	set 2006	23	-3,61	2	
	out 1941	fev 1942	5	-2,04	2		out 1941	fev 1946	53	-2,67	2	
	jun 1947	dez 1947	7	-2,01	4		jul 1947	dez 1947	6	-2,29	3	
	out 1948	abr 1950	19	-2,98	1		out 1948	abr 1950	19	-3,43	1	
	fev 1953	dez 1954	23	-2,55	1		jan 1953	dez 1954	24	-1,92	2	
	nov 1956	jan 1958	15	-2,25	2		nov 1956	jan 1958	15	-1,86	2	
	out 1964	ago 1965	11	-3,23	1		out 1964	ago 1965	11	-3,17	1	
	dez 1966	jan 1968	14	-1,74	10		dez 1966	jan 1968	14	-1,84	10	
	nov 1971	abr 1973	18	-1,94	1		nov 1971	dez 1972	14	-1,18	1	
	out 1974	jul 1976	22	-2,8	7		out 1974	jul 1976	22	-2,28	9	
	fev 1980	mar 1983	38	-1,83	10		fev 1980	nov 1981	22	-1,86	10	
	dez 1986	ago 1987	9	-1,63	8		dez 1986	ago 1987	9	-1,66	7	
	dez 1988	out 1989	11	-2,56	1		dez 1988	out 1989	11	-2,56	1	
	abr 1990	mar 1993	36	-2,54	2		mar 1990	mar 1993	37	-2,2	3	
	nov 1998	mar 1999	5	-3,02	1		Nov 1998	mar 1999	5	-3,31	0	
	jun 2003	jul 2004	14	-2,18	3		jun 2003	jul 2004	14	-2,07	3	
546	dez 2004	ago 2006	21	-3,69	1		dez 2004	ago 2006	21	-3,07	1	
	out 1941	fev 1942	5	-2,29	2		out 1941	fev 1942	5	-2,22	2	
	mar 1943	fev 1946	36	-3,16	2		abr 1943	fev 1946	35	-3,18	1	
	ago 1947	dez 1950	41	-3,02	2		out 1947	dez 1950	39	-3,37	1	
	nov 1952	dez 1954	26	-3,59	2		nov 1952	out 1955	36	-2,88	2	
	abr 1957	mai 1958	14	-2,65	3		abr 1957	mai 1958	14	-2,3	6	

Tabela D.9. (continuação)

	MedPDSI					PDSI original-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
	jun 1962	dez 1962	7	-2,21	2	jun 1962	dez 1962	7	-2,03	4
	mai 1964	ago 1965	16	-2,58	6	nov 1964	ago 1965	10	-2,6	1
	out 1970	abr 1971	7	-1,85	2	out 1970	abr 1971	7	-1,73	2
	out 1971	abr 1973	19	-1,99	1	out 1971	dez 1971	3	-2,38	1
	mai 1975	jul 1976	15	-3,41	1	mai 1975	jul 1976	15	-3	3
	mar 1982	mar 1983	13	-1,84	1	mar 1982	ago 1982	6	-1,76	1
	set 1985	nov 1985	3	-2,48	1	set 1985	nov 1985	3	-2,16	1
	dez 1988	out 1989	11	-2,69	0	dez 1988	set 1990	37	-2,69	15
	mai 1991	mar 1993	23	-2,4	7	mai 1991	mar 1993	23	-2,36	1
	abr 1995	out 1995	7	-2,36	2	abr 1995	out 1995	7	-1,95	4
	fev 1997	abr 1997	3	-1,92	1	out 1996	abr 1997	7	-1,64	5
	nov 1998	mar 1999	5	-2,13	2	dez 1998	mar 1999	4	-2,22	2
	fev 2004	jul 2004	6	-2,41	3	fev 2004	jul 2004	6	-2,14	3
	dez 2004	ago 2006	21	-3,15	1	dez 2004	ago 2006	21	-3,54	1
575	jan 1944	out 1945	22	-3,02	2	jan 1944	nov 1945	23	-3,19	4
	jan 1953	dez 1954	24	-1,88	12	jan 1953	dez 1954	24	-1,83	2
	mai 1955	out 1955	6	-1,58	5	mai 1955	out 1955	6	-1,77	4
	nov 1956	fev 1958	16	-2,35	2	nov 1956	fev 1958	16	-2,17	2
	mai 1964	ago 1965	16	-2,03	6	mai 1964	ago 1965	16	-2,99	3
	jan 1967	out 1968	22	-1,28	11	jan 1967	out 1968	22	-1,61	11
	mar 1970	dez 1970	10	-2,22	5	mar 1970	dez 1970	10	-2,16	6
	nov 1975	jun 1976	8	-2,64	2	nov 1975	mai 1976	7	-2,43	2
	jan 1980	ago 1982	32	-2,43	9	out 1980	ago 1982	23	-2,47	2
	ago 1985	jul 1987	24	-1,8	1	set 1985	jul 1987	23	-1,85	1
	dez 1988	out 1989	11	-2,41	1	dez 1988	out 1989	11	-2,2	1
	mai 1991	mar 1993	23	-2,57	2	mai 1991	mar 1993	23	-2,48	2
	set 1994	out 1995	14	-1,92	7	ago 1994	out 1995	15	-1,78	8
	out 1998	jul 1999	10	-3,24	1	out 1998	jul 1999	10	-3,17	1
	jun 2001	ago 2002	15	-2,66	5	mai 2001	ago 2002	16	-2,87	4
	fev 2004	set 2006	32	-3,4	2	fev 2004	set 2006	32	-3,77	2
32	out 1941	dez 1942	15	-1,87	3	out 1941	dez 1942	15	-1,29	4
	mai 1943	ago 1943	4	-2,02	1	mai 1943	fev 1946	34	-3,42	1
	jul 1948	abr 1950	22	-2,4	4	jul 1947	jan 1951	43	-2,23	16
	jan 1953	jan 1955	25	-3,21	2	jan 1953	abr 1955	28	-2,96	4
	nov 1956	dez 1957	14	-1,98	6	jan 1957	dez 1957	12	-2,01	4
	out 1964	ago 1965	11	-2,12	1	set 1964	ago 1965	12	-2,04	2
	jan 1967	jan 1968	13	-2,05	5	set 1967	jan 1968	5	-1,34	4
	set 1970	fev 1971	6	-1,98	2	abr 1970	fev 1971	11	-1,56	7
	nov 1975	jun 1976	8	-2,35	3	dez 1975	jun 1976	7	-1,99	3
	set 1980	ago 1982	24	-2,13	3	dez 1980	mar 1982	16	-1,49	2
	dez 1982	mar 1983	4	-2,04	1	dez 1982	mar 1983	4	-1,67	3
	dez 1988	out 1989	11	-2,43	2	jan 1989	out 1989	10	-1,82	6
	jun 1991	abr 1993	23	-2,23	7	jun 1991	mar 1993	22	-2,3	7
	dez 1994	nov 1995	12	-1,9	4	dez 1994	nov 1995	12	-2,01	5
	nov 1998	jul 1999	9	-2,78	1	nov 1998	nov 2000	25	-1,93	3
	nov 2001	jul 2002	9	-2,25	5	jul 2001	jul 2002	13	-1,62	10
	fev 2004	set 2006	32	-3,79	2	fev 2004	set 2006	32	-3,14	3
35	mai 1943	nov 1945	31	-2,69	9	mai 1943	nov 1945	31	-2,65	1
	nov 1948	out 1951	36	-2,24	5	set 1948	abr 1950	20	-2,81	2
	nov 1956	nov 1958	25	-2,15	2	nov 1956	fev 1958	16	-2,35	2
	ago 1962	dez 1962	5	-1,89	3	jun 1962	dez 1962	7	-2,02	2
	out 1964	ago 1965	11	-2,46	2	mai 1964	ago 1965	16	-2,2	6
	jan 1967	out 1968	22	-1,59	6	set 1967	jan 1968	5	-1,74	4
	abr 1970	fev 1971	11	-2	5	set 1970	fev 1971	6	-1,77	3
	out 1971	set 1973	24	-1,46	2	out 1971	ago 1972	11	-1,33	2
	out 1974	jul 1976	22	-2,79	3	dez 1974	jul 1975	8	-1,56	1
	jan 1980	mar 1983	39	-2,77	9	out 1980	mar 1983	30	-2,17	2
	jun 1986	ago 1986	3	-1,86	2	mai 1986	ago 1986	4	-1,9	2
	dez 1988	out 1989	11	-2,38	3	dez 1988	out 1989	11	-1,55	1
	jun 1991	abr 1993	23	-3,14	4	mai 1991	mar 1993	23	-2,96	3
	nov 1998	set 2000	23	-2,15	3	nov 1998	ago 1999	10	-2,47	3
	dez 2001	ago 2002	9	-2,2	4	jun 2001	ago 2002	15	-2,1	6
	fev 2004	jul 2006	30	-3,51	2	fev 2004	jul 2006	30	-3,28	2

Tabela D.9. (continuação)

	MedPDSI					PDSI original-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
52	out 1941	fev 1942	5	-2,08	2	out 1941	fev 1942	5	-2,41	2
	abr 1943	ago 1943	5	-2,32	2	mar 1943	ago 1943	6	-3,08	2
	fev 1944	fev 1946	25	-3,25	3	jan 1944	fev 1946	26	-2,89	1
	abr 1948	dez 1950	33	-3,31	5	mar 1948	abr 1950	26	-3,07	6
	fev 1953	out 1954	21	-3,09	3	jan 1953	fev 1954	14	-2,27	1
	mai 1955	out 1955	6	-1,84	3	abr 1955	out 1955	7	-1,92	3
	nov 1956	fev 1958	16	-2,28	2	nov 1956	fev 1958	16	-1,99	1
	ago 1962	dez 1962	5	-1,96	3	ago 1962	dez 1962	5	-1,83	3
	out 1964	ago 1965	11	-2,29	2	mai 1964	ago 1965	16	-2,29	6
	jul 1967	ago 1968	14	-2,3	5	out 1967	jul 1968	10	-2,15	2
	abr 1970	fev 1971	11	-1,96	5	mar 1970	fev 1971	12	-1,62	7
	out 1974	jun 1976	21	-2,52	9	nov 1975	jul 1976	9	-3,32	1
	ago 1979	nov 1981	28	-1,83	13	jul 1979	nov 1981	29	-1,51	2
	mar 1982	mar 1983	13	-2,32	2	jan 1982	mar 1983	15	-2,65	2
	jul 1986	jul 1987	13	-2,21	5	jun 1986	jul 1987	14	-2,62	1
	dez 1988	mar 1993	52	-2,36	1	nov 1988	out 1989	12	-2,72	1
	dez 1994	out 1995	11	-1,74	5	nov 1994	out 1995	12	-2,2	4
	nov 1998	mar 2000	17	-2,79	2	out 1998	jul 1999	10	-3,62	1
	ago 2001	jul 2002	12	-2,87	4	jun 2001	jul 2002	14	-3,7	2
	fev 2004	jul 2006	30	-3,15	3	jan 2004	jul 2006	31	-3,5	2
55	out 1941	jun 1943	21	-2,31	2	out 1941	ago 1943	23	-1,65	2
	jan 1944	fev 1946	26	-3,67	2	jan 1944	fev 1946	26	-3,6	4
	jul 1947	dez 1947	6	-2	3	ago 1947	dez 1947	5	-1,58	4
	set 1948	jan 1951	29	-2,93	2	abr 1948	jan 1951	34	-3,06	7
	jan 1953	out 1955	34	-3,05	1	jan 1953	out 1955	34	-2,66	4
	nov 1956	nov 1958	25	-2,97	2	nov 1956	nov 1958	25	-2,57	2
	ago 1962	dez 1962	5	-1,89	3	set 1962	dez 1962	4	-1,59	3
	set 1964	ago 1965	12	-2,02	2	mai 1964	ago 1965	16	-1,94	6
	dez 1966	out 1968	23	-1,88	8	out 1967	out 1968	13	-1,11	3
	dez 1975	jun 1976	7	-2,68	2	jan 1976	jul 1976	7	-1,95	4
	ago 1980	mai 1982	22	-2,53	4	dez 1980	jul 1982	20	-1,78	1
	jun 1986	jun 1987	13	-2,04	2	jul 1986	mar 1988	21	-1,69	5
	nov 1988	mai 1989	7	-2,67	1	dez 1988	set 1989	10	-2,42	1
	jul 1991	mar 1993	21	-2,15	3	jun 1991	jul 1992	14	-1,98	6
	jul 1994	out 1995	16	-1,7	8	set 1994	out 1995	14	-1,75	6
	mar 1997	jun 1997	4	-1,9	2	mar 1997	jun 1997	4	-1,8	1
	nov 1998	jul 1999	9	-2,42	1	nov 1998	mar 1999	5	-2,07	2
	nov 1999	mar 2000	5	-2	3	jan 2000	mar 2000	3	-2,16	1
	jun 2001	ago 2002	15	-2,86	5	set 2001	ago 2002	12	-2,79	3
	fev 2004	jul 2004	6	-1,67	5	fev 2004	jul 2006	30	-3,07	4
568	out 1941	fev 1942	5	-2,73	1	out 1941	fev 1942	5	-3	0
	jan 1944	mai 1944	5	-2,43	1	jan 1944	mai 1944	5	-2,42	1
	fev 1945	set 1945	8	-2,61	1	fev 1945	set 1945	8	-2,69	1
	jun 1947	nov 1947	6	-2,09	3	jul 1947	nov 1947	5	-1,92	3
	jul 1948	ago 1949	14	-2,64	4	jul 1948	mai 1949	11	-2,59	4
	jan 1953	dez 1954	24	-2,11	4	jan 1953	fev 1954	14	-1,76	5
	nov 1956	jan 1957	3	-2,15	1	nov 1956	mai 1958	19	-1,83	2
	mai 1962	dez 1962	8	-2,35	3	mai 1962	dez 1962	8	-1,96	3
	abr 1965	ago 1965	5	-2,37	2	mai 1965	ago 1965	4	-2,21	1
	jul 1967	out 1968	16	-1,67	3	jul 1967	out 1968	16	-1,57	5
	out 1970	dez 1970	5	-2,14	2	out 1970	dez 1970	5	-2,1	2
	out 1971	jan 1972	4	-2,95	1	out 1971	jan 1972	4	-2,95	1
	set 1974	jun 1976	22	-3,37	1	out 1974	jun 1976	21	-3,19	1
	jul 1979	nov 1981	29	-2,3	2	dez 1979	out 1983	47	-2,28	4
	mai 1986	jun 1987	14	-3,32	1	mai 1986	jun 1987	14	-3,19	2
	nov 1988	out 1989	12	-2,51	1	nov 1988	out 1989	12	-2,5	1
	fev 1990	jan 1991	12	-2,51	1	fev 1990	mar 1993	38	-2,76	1
	dez 1993	nov 1995	24	-2,09	4	dez 1993	nov 1995	28	-2,03	7
	nov 1998	jun 1999	8	-2,48	1	nov 1998	jun 1999	8	-2,61	1
	mai 2001	jul 2002	15	-2,69	1	mai 2001	jul 2002	15	-2,52	6
	fev 2004	ago 2006	31	-3,42	2	fev 2004	jul 2006	30	-3,52	2

Tabela D.9. (continuação)

	MedPDSI					PDSI original ET-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
75	out 1941	fev 1942	5	-1,75	3	out 1941	fev 1942	5	-1,63	3
	jul 1947	jan 1951	43	-2,14	4	abr 1948	jan 1951	34	-2,03	7
	fev 1953	out 1955	33	-2,41	3	fev 1953	dez 1954	23	-1,7	5
	nov 1964	ago 1965	10	-1,91	7	nov 1964	ago 1965	10	-1,88	7
	jul 1975	jul 1976	13	-2,51	5	ago 1975	jul 1976	12	-1,91	5
	abr 1980	nov 1981	20	-1,27	9	dez 1980	nov 1981	12	-1,35	2
	abr 1990	abr 1993	37	-2,96	3	mar 1990	abr 1993	38	-2,5	4
	nov 1994	set 1997	35	-1,69	5	nov 1994	out 1995	12	-2,31	2
	nov 1998	jul 1999	9	-1,88	3	nov 1998	jul 1999	9	-1,89	3
	nov 2001	jan 2006	51	-2,99	1	nov 2001	jul 2006	57	-2,9	1
107	abr 1943	fev 1946	35	-2,95	2	mai 1943	fev 1946	34	-2,57	1
	mai 1947	dez 1950	44	-3,58	2	out 1947	dez 1950	39	-3,41	2
	nov 1952	dez 1954	26	-2,82	2	dez 1952	dez 1954	25	-2,31	2
	abr 1955	nov 1955	8	-1,97	5	mai 1955	nov 1955	7	-1,4	5
	jul 1964	ago 1965	14	-2,47	4	out 1964	ago 1965	11	-2,23	2
	out 1971	ago 1972	11	-1,74	1	out 1971	ago 1972	11	-1,33	2
	ago 1975	jul 1976	12	-3,06	4	dez 1975	jul 1976	8	-2,4	1
	fev 1980	mar 1983	38	-2,09	10	abr 1980	mar 1983	36	-1,62	9
	nov 1988	out 1989	12	-2,45	1	nov 1988	out 1989	12	-2,48	1
	mar 1990	set 1990	7	-1,41	6	mar 1990	set 1990	7	-1,64	5
	mai 1991	mar 1993	23	-2,32	7	mai 1991	mar 1993	23	-2,05	2
	dez 1994	out 1995	11	-2,3	5	dez 1994	nov 1995	12	-2,67	4
	nov 1998	ago 1999	10	-2,72	2	nov 1998	ago 1999	10	-2,15	2
	nov 2001	ago 2002	10	-2,13	1	nov 2001	ago 2002	10	-2,02	1
	jan 2005	jul 2006	19	-2,8	1	jan 2005	jul 2006	19	-2,53	1
212	nov 1944	mar 1946	17	-3,78	2	dez 1944	jan 1947	26	-2,99	1
	set 1948	abr 1950	20	-2,25	2	nov 1948	abr 1950	18	-2,48	2
	dez 1952	dez 1954	25	-2,57	2	jan 1953	out 1955	34	-2,32	2
	jan 1957	nov 1958	23	-1,26	22	jun 1958	nov 1958	6	-1,41	5
	out 1964	ago 1965	11	-2,14	1	jul 1964	ago 1965	14	-2,04	4
	dez 1973	jul 1976	32	-1,93	10	out 1974	jul 1976	22	-1,59	3
	fev 1980	out 1983	45	-2,19	10	dez 1980	out 1983	35	-1,62	1
	jun 1991	abr 1993	23	-2,85	5	jun 1991	mar 1993	22	-2,59	5
	nov 1994	out 1995	12	-2,66	3	dez 1994	out 1995	11	-2,49	3
	mar 2004	mai 2006	27	-2,92	3	jul 2004	mai 2006	23	-2,63	6
530	mai 1943	fev 1946	34	-3,11	12	jan 1944	out 1945	22	-3,48	6
	jul 1947	ago 1949	26	-3,25	2	nov 1947	ago 1949	22	-3,26	4
	jan 1953	fev 1954	14	-1,53	6	jan 1953	fev 1954	14	-2,06	4
	out 1975	jul 1976	10	-1,78	4	out 1975	jul 1976	10	-1,75	8
	dez 1980	nov 1981	12	-1,66	2	dez 1980	fev 1984	39	-1,7	2
	jan 2005	mai 2006	17	-2,42	3	jan 2005	ago 2006	20	-3,13	1
150	dez 1943	out 1945	23	-3,89	1	nov 1943	out 1945	24	-3,75	2
	ago 1948	ago 1949	13	-2,47	3	dez 1947	ago 1949	21	-2,38	8
	dez 1956	nov 1958	24	-1,69	11	dez 1956	nov 1958	24	-2,03	8
	out 1964	ago 1965	11	-1,66	2	out 1964	jan 1965	4	-1,85	2
	out 1970	mar 1971	6	-2,16	2	out 1970	mar 1971	6	-1,92	2
	out 1974	jan 1975	4	-2,01	2	out 1974	jan 1975	4	-1,77	2
	jul 1975	jul 1976	13	-2,25	5	nov 1975	jul 1976	9	-2,17	4
	nov 1980	mar 1981	5	-1,97	2	nov 1980	mar 1981	5	-2,14	2
	jul 1981	jun 1982	12	-1,68	1	jun 1981	ago 1982	15	-1,54	5
	dez 1982	out 1983	11	-2,56	1	nov 1982	out 1983	12	-2,7	2
	mai 1991	ago 1993	28	-2,45	9	mai 1991	ago 1993	28	-2,46	9
	nov 1994	ago 1995	10	-2,93	2	out 1994	ago 1995	11	-3,3	2
	nov 1998	ago 1999	10	-1,84	3	nov 1998	ago 1999	10	-2,12	3
	dez 2004	set 2005	10	-3,26	1	nov 2004	set 2005	11	-3,3	2
535	mai 1943	ago 1943	4	-1,67	3	dez 1943	dez 1946	37	-2,86	2
	jun 1947	nov 1950	42	-2,55	2	set 1947	nov 1950	39	-1,83	14
	nov 1952	dez 1954	26	-2,09	4	dez 1952	dez 1954	25	-1,4	7
	mai 1955	out 1955	6	-1,95	3	mai 1955	out 1955	6	-1,69	4
	jul 1964	ago 1965	14	-2,34	4	nov 1964	ago 1965	10	-1,97	6
	set 1974	jul 1976	23	-2,54	2	nov 1974	jul 1976	21	-2,18	2
	dez 1980	jul 1982	20	-2,41	1	fev 1980	dez 1984	59	-1,92	11
	out 1985	jul 1987	22	-1,58	9	out 1985	abr 1988	31	-1,3	20
	jun 1991	abr 1993	23	-3,31	5	ago 1991	out 1995	51	-2,22	5
	nov 1998	jul 1999	9	-2,2	1	nov 1998	jul 1999	9	-1,93	3
	dez 2004	ago 2006	21	-2,98	1	jul 2004	ago 2006	26	-3,18	6

Tabela D.9. (continuação).

	MedPDSI					PDSI original-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
571	jun 1943	fev 1946	33	-2,71	7	jun 1943	fev 1946	33	-3,29	5
	jun 1947	abr 1948	11	-2,08	1	jun 1947	dez 1947	7	-1,88	5
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	set 1948	ago 1949	12	-2,55	2
	nov 1952	dez 1954	26	-1,87	3	dez 1952	ago 1953	9	-2,11	5
	abr 1955	out 1955	7	-2,27	3	mai 1955	out 1955	6	-1,84	4
	nov 1957	nov 1958	13	-2,02	7	dez 1957	nov 1958	12	-1,41	11
	mai 1964	ago 1965	16	-2,22	6	out 1964	ago 1965	11	-2,55	2
	abr 1967	out 1968	19	-1,85	8	dez 1967	out 1968	11	-1,58	1
	set 1974	mar 1976	19	-2,59	1	out 1974	mar 1976	18	-1,9	2
	nov 1980	out 1983	36	-2,66	2	dez 1980	out 1983	35	-2,79	1
	set 1985	jun 1987	22	-2,06	4	out 1985	mar 1988	30	-1,75	9
	mai 1991	mar 1993	23	-2,89	3	mai 1991	mar 1993	23	-2,58	3
	dez 1994	nov 1995	12	-2,31	4	dez 1994	nov 1995	12	-2,23	4
	jul 2001	ago 2002	14	-2,12	5	nov 2001	ago 2002	10	-2,37	2
	jul 2003	set 2003	3	-1,59	2	jun 2003	set 2003	4	-1,6	3
	mar 2004	ago 2006	30	-3,17	4	abr 2004	ago 2006	29	-2,99	9
226	dez 1943	out 1945	23	-2,85	2	jan 1944	out 1945	22	-2,98	2
	nov 1948	ago 1949	10	-2,04	4	nov 1948	abr 1950	18	-1,69	4
	dez 1952	dez 1954	25	-2,29	3	jan 1953	out 1955	34	-2,24	4
	nov 1964	ago 1965	10	-1,99	6	out 1964	ago 1965	11	-1,78	8
	abr 1973	mar 1976	36	-1,36	18	out 1974	fev 1975	5	-1,67	3
	jan 1980	out 1983	46	-2,16	11	fev 1980	out 1983	45	-1,89	12
	dez 1988	set 1989	10	-2,42	2	dez 1988	set 1989	10	-2,02	3
	mar 1990	out 1995	68	-2,45	5	mai 1990	jul 1997	87	-2,36	14
	ago 1998	jul 2006	138	-2,53	42	ago 1998	mar 2000	20	-2,19	4
170	out 1941	fev 1942	5	-1,89	3	out 1941	fev 1942	5	-1,57	3
	nov 1943	out 1945	24	-3,95	2	nov 1943	out 1945	24	-4,07	2
	set 1948	abr 1950	20	-2,59	2	out 1948	abr 1951	31	-2,38	4
	ago 1954	dez 1954	5	-1,91	2	set 1954	dez 1954	4	-1,68	3
	ago 1955	out 1955	3	-1,68	2	jun 1955	out 1955	5	-1,68	4
	nov 1964	ago 1965	10	-1,91	1	out 1964	ago 1965	11	-2,26	2
	jan 1967	out 1968	22	-1,78	6	out 1967	jan 1968	4	-1,65	3
	mar 1974	jul 1976	29	-2,17	7	out 1974	jan 1975	4	-1,67	3
	dez 1980	out 1983	35	-2,27	2	dez 1980	mar 1983	28	-1,61	2
	jun 1991	mar 1993	22	-3,2	5	jun 1991	mar 1993	22	-2,55	5
	set 1994	out 1995	14	-3,19	4	dez 1994	out 1995	11	-2,88	2
	abr 2004	mai 2006	26	-3,18	3	jun 2004	ago 2006	27	-2,93	7
174	dez 1943	fev 1946	27	-3,63	1	jan 1944	jan 1947	37	-2,45	11
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	nov 1948	out 1951	36	-2,35	3
	dez 1952	dez 1954	25	-2,14	3	jan 1953	out 1955	34	-1,8	5
	nov 1956	nov 1958	25	-2,05	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,53	23
	out 1964	ago 1965	11	-2,17	2	out 1964	ago 1965	11	-2,08	2
	set 1974	jan 1975	5	-2,26	1	out 1974	jan 1975	4	-1,68	3
	dez 1979	jun 1982	31	-2,16	6	jan 1980	out 1983	46	-1,85	12
	out 1985	jul 1987	22	-1,99	3	dez 1986	jul 1987	8	-1,56	6
	jul 1991	jul 1993	25	-2,31	4	jun 1991	mar 1993	22	-2,13	5
	set 1994	out 1995	14	-2,35	6	fev 1995	out 1995	9	-2,42	3
	out 1998	jun 1999	9	-2,65	2	nov 1998	jun 1999	8	-2,14	3
	nov 2001	jul 2002	9	-2,39	2	nov 2001	jul 2002	9	-2,05	3
	jan 2004	mai 2006	29	-3,6	3	jun 2004	jul 2006	37	-3,41	11
557	dez 1943	fev 1946	27	-2,88	2	jan 1944	fev 1946	26	-2,61	2
	set 1948	ago 1949	12	-2,62	2	out 1948	ago 1949	11	-2,32	3
	fev 1953	out 1954	21	-1,57	12	mai 1953	out 1954	18	-1,4	17
	nov 1956	nov 1958	25	-1,84	2	nov 1957	nov 1958	13	-1,41	12
	out 1964	ago 1965	11	-1,93	3	out 1964	ago 1965	11	-2,16	2
	out 1970	mar 1971	6	-1,99	1	out 1970	mar 1971	6	-1,82	2
	out 1971	ago 1972	11	-1,59	1	out 1971	ago 1972	11	-1,36	2
	abr 1973	jul 1976	40	-2,45	5	abr 1973	jul 1976	40	-1,69	7
	jan 1980	out 1983	46	-2,85	11	jan 1980	out 1983	46	-2,7	11
	dez 1988	jul 1989	8	-2,35	1	dez 1988	jul 1989	8	-1,87	2
	jul 1990	set 1990	3	-1,61	2	mar 1990	set 1990	7	-1,39	6
	abr 1991	out 1995	55	-3,09	4	mai 1991	mar 1993	23	-3,63	3
	nov 1998	mar 2000	17	-2,74	1	nov 1998	mar 2000	17	-2,73	1
	dez 2001	ago 2002	9	-2,07	2	jul 2001	ago 2002	14	-1,69	7
	jul 2003	jul 2006	37	-3,2	8	jul 2003	jul 2006	37	-3,25	9

Tabela D.9. (continuação)

	MedPDSI					PDSI original ET-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
235	jan 1944	fev 1946	26	-2,94	2	jan 1944	fev 1946	26	-1,89	14
	ago 1948	out 1951	39	-2,12	2	out 1948	ago 1949	11	-1,95	3
	jan 1953	out 1955	34	-3,23	3	fev 1953	out 1955	33	-1,61	12
	nov 1964	ago 1965	10	-1,52	8	out 1964	ago 1965	11	-1,78	8
	out 1971	ago 1972	11	-1,34	2	out 1971	ago 1972	11	-1,29	2
	out 1973	jun 1976	33	-2,59	9	out 1974	fev 1975	5	-1,7	3
	jan 1980	out 1983	46	-2,65	11	fev 1980	out 1983	45	-2,19	10
	out 1985	jun 1987	21	-1,57	3	out 1985	jul 1987	22	-1,45	10
	jul 1991	out 1995	52	-2,68	4	jun 1991	out 1995	53	-2,69	5
	out 1998	out 2000	25	-3,38	2	nov 1998	out 2000	24	-3,29	1
183	dez 2001	mai 2006	54	-2,7	4	dez 2001	set 2003	22	-1,67	6
	nov 1943	fev 1946	28	-2,94	2	nov 1943	fev 1946	28	-3,32	2
	fev 1949	ago 1949	7	-1,94	3	mar 1949	ago 1949	6	-1,7	4
	out 1964	ago 1965	11	-2,44	2	out 1964	ago 1965	11	-1,98	3
	jan 1980	out 1983	46	-2,78	5	dez 1980	out 1983	35	-2,63	2
	dez 1991	jul 1993	20	-2,76	2	dez 1991	mar 1993	16	-2,42	3
	abr 1994	out 1995	19	-3,06	5	ago 1994	out 1995	15	-3,11	4
	nov 1998	mar 2000	17	-2,39	1	out 1998	mar 2000	18	-2,58	2
	dez 2001	jul 2006	56	-2,84	2	jul 2001	ago 2002	14	-1,63	7
562	dez 1943	fev 1946	27	-3,54	2	dez 1943	jan 1947	38	-2,92	4
	nov 1948	out 1951	36	-1,87	3	nov 1948	ago 1949	10	-2,21	3
	fev 1953	dez 1954	23	-1,95	5	jun 1953	dez 1954	19	-1,41	16
	nov 1956	nov 1958	25	-2,15	2	jun 1958	nov 1958	6	-1,45	5
	nov 1973	jan 1975	15	-2,43	4	nov 1973	jan 1975	15	-1,34	13
	out 1980	out 1983	37	-3,3	2	dez 1980	out 1983	35	-2,82	1
	jun 1991	abr 1993	23	-2,67	6	jul 1991	mar 1993	21	-2,65	5
	abr 1994	out 1995	19	-3,48	3	ago 1994	out 1995	15	-3,07	4
	nov 1998	jul 1999	9	-2,6	3	nov 1998	jul 1999	9	-2,11	3
	abr 2004	jul 2006	28	-3,46	3	abr 2004	jul 2006	28	-3,34	3
250	out 1941	fev 1942	5	-1,66	4	out 1941	set 1942	12	-1,23	4
	nov 1943	mai 1944	7	-2,69	2	nov 1943	out 1945	24	-3,27	3
	jul 1948	out 1951	40	-2,47	2	nov 1948	abr 1950	18	-2,07	2
	jun 1954	dez 1954	7	-2,06	3	jun 1955	out 1955	5	-1,55	4
	dez 1956	nov 1958	24	-2,55	1	dez 1956	nov 1958	24	-1,81	16
	dez 1964	ago 1965	9	-1,62	6	ago 1964	ago 1965	13	-1,62	10
	jan 1980	jun 1982	30	-2,79	5	dez 1980	jun 1982	19	-2,36	2
	jan 1983	out 1983	10	-2,78	2	fev 1983	out 1983	9	-1,72	7
	set 1990	abr 1993	32	-2,91	4	nov 1990	out 1995	60	-2,73	10
	mar 1998	nov 2000	33	-2,48	4	mai 1998	nov 2000	31	-2,73	6
538	ago 2002	jul 2004	24	-1,48	10	jun 2003	jul 2004	14	-1,34	2
	nov 2004	jun 2006	20	-3,3	2	dez 2004	jul 2006	20	-3,31	2
	dez 1943	out 1945	23	-3,66	2	nov 1943	fev 1946	28	-3,51	2
	fev 1949	ago 1949	7	-2,56	3	fev 1949	ago 1949	7	-2,85	1
	dez 1956	nov 1958	24	-2,42	8	dez 1956	nov 1958	24	-2,91	2
	fev 1961	dez 1962	23	-1,61	12	jan 1961	nov 1962	23	-2,08	1
	nov 1964	ago 1965	10	-2,49	2	out 1964	ago 1965	11	-2,63	2
	dez 1967	out 1968	11	-1,77	7	set 1967	out 1968	14	-2,02	4
	dez 1980	set 1983	34	-2,26	3	dez 1980	set 1983	34	-2,62	1
	set 1985	ago 1986	12	-1,45	3	out 1985	jan 1986	4	-1,65	3
554	out 1991	nov 1992	14	-2,5	5	out 1991	nov 1992	14	-2,21	5
	mar 1994	out 1995	20	-2,84	6	mar 1994	out 1995	20	-2,69	9
	nov 1998	fev 2002	40	-2,58	2	nov 1998	ago 2000	22	-2,38	1
	jun 2003	set 2003	4	-1,74	3	mai 2003	set 2003	5	-1,93	2
	abr 2004	set 2005	18	-3,19	5	jul 2004	set 2005	15	-2,73	6
	dez 1943	fev 1946	27	-3,62	2	dez 1943	mar 1948	52	-3,78	3
	nov 1952	dez 1954	26	-2,37	3	dez 1952	set 1955	34	-1,96	6
	dez 1956	nov 1958	24	-3,04	2	jan 1957	nov 1958	23	-2,39	5
	dez 1966	set 1967	10	-2,89	1	dez 1966	set 1967	10	-2,61	3
	mar 1973	nov 1975	33	-2,65	4	abr 1973	jan 1975	22	-2,11	7
554	dez 1979	dez 1984	61	-2,97	6	dez 1979	jun 1987	91	-2,64	13
	nov 1991	nov 1992	13	-2,21	4	jan 1992	nov 1992	11	-2,09	4
	mar 1994	out 1995	20	-2,89	6	mar 1994	out 1995	20	-3,13	8
	nov 1998	mar 2000	17	-2,87	2	mar 1997	ago 2001	54	-2,46	21
	nov 2004	set 2005	11	-3,36	2	out 2004	jul 2006	22	-3,54	3

Tabela D.9. (continuação)

	MedPDSI					PDSI original ET-Thornthwaite				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
266	nov 1943	out 1945	24	-3,79	2	dez 1943	out 1945	23	-4,46	1
	nov 1950	jan 1952	15	-2,37	5	nov 1950	jan 1952	15	-1,9	7
	set 1953	dez 1954	16	-1,81	10	dez 1952	dez 1954	25	-1,73	18
	jan 1957	dez 1959	36	-2,55	2	jan 1957	nov 1958	23	-2,28	2
	abr 1973	jul 1976	40	-3,33	5	nov 1973	fev 1975	16	-2,49	2
	dez 1979	set 1983	46	-2,87	10	jan 1981	set 1983	33	-2,81	2
	out 1990	mar 1993	30	-2,11	3	set 1990	fev 1993	30	-2,07	4
	mar 1994	out 1995	20	-2,85	4	mar 1994	out 1995	20	-2,18	11
	nov 1998	nov 2000	25	-2,42	2	jun 1998	ago 2001	39	-2,1	6
	jan 2005	set 2005	9	-3,27	2	jan 2005	jul 2006	19	-2,84	2

Tabela D.10. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI e PDSI original ET-FAO Penman-Monteith: data de início e fim da seca, duração (Dur), Intensidade (Intens) e tempo de confirmação (t_c); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

	MedPDSI					PDSI original ET FAO-PM				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
23	out 1941	fev 1942	5	-2,17	2	out 1941	fev 1942	5	-2,29	2
	abr 1943	fev 1946	35	-3,31	1	abr 1943	fev 1946	35	-2,87	1
	abr 1948	jan 1950	22	-3,02	6	abr 1948	jan 1950	19	-3,32	3
	jan 1952	mai 1954	29	-1,74	13	fev 1953	mai 1954	16	-2,11	1
	mai 1955	fev 1956	10	-1,7	4	mai 1955	fev 1956	10	-1,76	4
	nov 1956	mai 1958	19	-1,59	2	nov 1956	jan 1958	15	-1,64	2
	jun 1962	dez 1962	7	-2,23	3	jun 1962	dez 1962	6	-2,13	3
	nov 1964	ago 1965	10	-2,01	1	nov 1964	ago 1965	10	-2,13	1
	jan 1967	jan 1968	13	-1,38	11	abr 1967	jan 1968	10	-1,3	8
	out 1970	mar 1971	6	-1,9	2	out 1970	mar 1971	6	-1,99	2
	nov 1971	dez 1973	26	-1,59	1	nov 1971	abr 1973	18	-1,54	1
	out 1974	jul 1976	22	-2,82	7	out 1974	jul 1976	22	-2,6	7
	ago 1978	nov 1978	4	-2,11	2	set 1978	nov 1978	3	-1,98	2
	dez 1979	mar 1983	40	-2,03	11	set 1979	nov 1981	27	-1,43	16
	dez 1988	mar 1993	52	-2,79	1	dez 1988	mar 1993	52	-2,32	3
	dez 1998	mar 1999	4	-1,89	2	dez 1998	mar 1999	4	-1,81	2
	dez 2001	ago 2002	9	-2,56	1	dez 2001	ago 2002	9	-2,44	1
	set 2003	jul 2004	11	-1,98	5	set 2003	jul 2004	11	-1,76	6
	dez 2004	set 2006	22	-3,26	1	dez 2004	jul 2006	20	-2,87	2
11	out 1941	fev 1942	5	-2,04	2	out 1941	fev 1942	5	-1,95	2
	abr 1943	ago 1943	5	-2,11	1	abr 1943	set 1945	30	-3,32	2
	jun 1947	dez 1947	7	-2,01	4	jun 1947	jul 1948	13	-1,41	3
	out 1948	abr 1950	19	-2,98	1	out 1948	abr 1950	19	-3,33	1
	fev 1953	dez 1954	23	-2,55	1	fev 1953	dez 1954	23	-2,27	1
	mai 1955	out 1955	6	-1,53	5	mai 1955	out 1955	6	-1,37	5
	nov 1956	jan 1958	15	-2,25	2	nov 1956	jan 1958	15	-2,21	2
	out 1964	ago 1965	11	-3,23	1	out 1964	ago 1965	11	-3,45	1
	dez 1966	jan 1968	14	-1,74	10	jan 1967	jan 1968	13	-1,72	10
	nov 1971	abr 1973	18	-1,94	1	nov 1971	abr 1973	18	-1,83	1
	out 1974	jul 1976	22	-2,8	7	out 1974	jul 1976	22	-2,64	7
	fev 1980	mar 1983	38	-1,83	10	fev 1980	mar 1983	38	-1,7	10
	dez 1986	ago 1987	9	-1,63	8	jan 1987	ago 1987	8	-1,56	6
	dez 1988	out 1989	11	-2,56	1	dez 1988	out 1989	11	-2,19	1
	abr 1990	mar 1993	36	-2,54	2	abr 1990	mar 1993	36	-2,3	3
	nov 1998	mar 1999	5	-3,02	1	nov 1998	mar 1999	5	-3,13	1
	jun 2003	jul 2004	14	-2,18	3	jun 2003	jul 2004	14	-2,24	3
	dez 2004	ago 2006	21	-3,69	1	dez 2004	ago 2006	21	-3,51	1
546	out 1941	fev 1942	5	-2,29	2	out 1941	fev 1942	5	-2,3	2
	mar 1943	fev 1946	36	-3,16	2	abr 1943	fev 1946	35	-3,4	1
	ago 1947	dez 1950	41	-3,02	2	out 1947	dez 1950	39	-3,13	1
	nov 1952	dez 1954	26	-3,59	2	nov 1952	out 1955	36	-3,24	2
	abr 1957	mai 1958	14	-2,65	3	abr 1957	mai 1958	14	-2,44	5
	jun 1962	dez 1962	7	-2,21	2	jun 1962	dez 1962	7	-2,25	2
	mai 1964	ago 1965	16	-2,58	6	mai 1964	ago 1965	16	-2,32	6
	out 1970	abr 1971	7	-1,85	2	mar 1970	jun 1970	4	-1,38	1

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI						PDSI original ET FAO-PM					
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c		Início	Fim	Dur	Intens	t _c	
	out 1971	abr 1973	19	-1,99	1		out 1971	abr 1973	19	-1,68	1	
	mai 1975	jul 1976	15	-3,41	1		mai 1975	jul 1976	15	-3,43	1	
	mar 1982	mar 1983	13	-1,84	1		mar 1982	mar 1983	13	-1,89	1	
	mar 1990	set 1990	7	-2,96	2		mar 1990	set 1990	7	-2,92	2	
	mai 1991	mar 1993	23	-2,4	7		mai 1991	mar 1993	23	-2,5	1	
	abr 1995	out 1995	7	-2,36	2		abr 1995	out 1995	7	-2,08	3	
	nov 1998	mar 1999	5	-2,13	2		dez 1998	mar 1999	4	-2,15	2	
	fev 2004	jul 2004	6	-2,41	3		fev 2004	jul 2004	6	-1,96	4	
	dez 2004	ago 2006	21	-3,15	1		dez 2004	ago 2006	21	-3,2	1	
575	jan 1944	out 1945	22	-3,02	2		jan 1944	out 1945	22	-3,22	1	
	set 1948	nov 1948	3	-1,89	2		ago 1948	nov 1948	4	-1,74	3	
	jan 1953	dez 1954	24	-1,88	12		jan 1953	dez 1954	24	-1,81	12	
	nov 1956	fev 1958	16	-2,35	2		nov 1956	jan 1958	15	-2,36	2	
	mai 1964	ago 1965	16	-2,03	6		mai 1964	ago 1965	16	-2,1	6	
	jan 1967	out 1968	22	-1,28	11		out 1967	jan 1968	4	-1,99	2	
	mar 1970	dez 1970	10	-2,22	5		mar 1970	dez 1970	10	-2,45	1	
	out 1974	jul 1975	10	-1,61	2		set 1974	jul 1975	11	-1,48	3	
	nov 1975	jun 1976	8	-2,64	2		nov 1975	jun 1976	8	-2,61	2	
	jan 1980	ago 1982	32	-2,43	9		set 1980	ago 1982	24	-2,51	3	
	ago 1985	jul 1987	24	-1,8	1		set 1985	jul 1987	23	-1,63	1	
	dez 1988	out 1989	11	-2,41	1		dez 1988	out 1989	11	-2,63	1	
	mai 1991	mar 1993	23	-2,57	2		mai 1991	mar 1993	23	-2,54	2	
	set 1994	out 1995	14	-1,92	7		ago 1994	out 1995	15	-1,72	8	
	fev 1997	abr 1997	3	-1,8	2		fev 1997	mai 1997	4	-2,13	2	
	out 1998	jul 1999	10	-3,24	1		out 1998	jul 1999	10	-3,19	1	
	jan 2000	mar 2000	3	-1,97	1		dez 1999	mar 2000	4	-2,04	2	
	jun 2001	ago 2002	15	-2,66	5		jun 2001	ago 2002	15	-2,7	5	
	fev 2004	set 2006	32	-3,4	2		fev 2004	jun 2006	29	-3,55	2	
32	out 1941	dez 1942	15	-1,87	3		out 1941	dez 1942	17	-1,76	2	
	mai 1943	ago 1943	4	-2,02	1		mai 1943	ago 1943	4	-2,38	1	
	dez 1943	fev 1946	27	-3,49	2		dez 1943	fev 1946	27	-3,48	1	
	out 1946	jan 1947	4	-1,67	3		out 1946	jan 1947	4	-1,87	2	
	jul 1948	abr 1950	22	-2,4	4		out 1948	dez 1950	27	-2,35	1	
	jan 1953	jan 1955	25	-3,21	2		jan 1953	jan 1955	25	-3,05	2	
	nov 1956	dez 1957	14	-1,98	6		jan 1957	dez 1957	9	-2,58	0	
	out 1964	ago 1965	11	-2,12	1		out 1964	ago 1965	11	-2,4	1	
	jan 1967	jan 1968	13	-2,05	5		jan 1967	jan 1968	13	-1,99	3	
	set 1970	fev 1971	6	-1,98	2		out 1970	fev 1971	5	-2,25	1	
	nov 1975	jun 1976	8	-2,35	3		nov 1975	jun 1976	8	-2,5	3	
	set 1980	ago 1982	24	-2,13	3		set 1980	ago 1982	24	-1,92	3	
	dez 1982	mar 1983	4	-2,04	1		dez 1982	mar 1983	4	-2,21	1	
	ago 1985	ago 1986	13	-1,54	2		ago 1985	out 1985	3	-1,8	2	
	dez 1988	out 1989	11	-2,43	2		dez 1988	out 1989	11	-2,24	1	
	jun 1991	abr 1993	23	-2,23	7		mai 1991	mar 1993	23	-2,35	1	
	dez 1994	nov 1995	12	-1,9	4		dez 1994	out 1995	11	-1,87	4	
	nov 1998	jul 1999	9	-2,78	1		out 1998	jul 1999	10	-2,64	2	
	dez 1999	nov 2000	12	-1,98	1		nov 1999	nov 2000	13	-2,04	2	
	nov 2001	jul 2002	9	-2,25	5		nov 2001	jul 2002	9	-2,42	5	
	fev 2004	set 2006	32	-3,79	2		jan 2004	set 2006	33	-3,85	2	
35	mai 1943	nov 1945	31	-2,69	9		mai 1943	nov 1945	31	-2,65	9	
	nov 1948	out 1951	36	-2,24	5		set 1948	jan 1951	29	-2,5	2	
	jan 1953	dez 1954	24	-2,07	2		jan 1953	dez 1954	24	-2,15	2	
	nov 1956	nov 1958	25	-2,15	2		nov 1956	fev 1958	16	-2,47	2	
	ago 1962	dez 1962	5	-1,89	3		jul 1962	dez 1962	6	-1,76	5	
	out 1964	ago 1965	11	-2,46	2		out 1964	ago 1965	11	-2,66	1	
	jan 1967	out 1968	22	-1,59	6		jan 1967	jan 1968	13	-1,79	8	
	abr 1970	fev 1971	11	-2	5		abr 1970	fev 1971	11	-2,14	5	
	out 1971	set 1973	24	-1,46	2		out 1971	ago 1972	11	-1,51	1	
	out 1974	jul 1976	22	-2,79	3		set 1974	jul 1976	23	-2,69	3	
	jan 1980	mar 1983	39	-2,77	9		ago 1980	mar 1983	32	-2,81	2	
	dez 1988	out 1989	11	-2,38	3		dez 1988	out 1989	11	-2,38	1	
	jun 1991	abr 1993	23	-3,14	4		mai 1991	abr 1993	24	-3,02	3	
	set 1994	out 1995	14	-1,91	7		ago 1994	out 1995	15	-1,91	8	
	nov 1998	set 2000	23	-2,15	3		nov 1998	ago 1999	10	-2,88	1	
	dez 2001	ago 2002	9	-2,2	4		dez 2001	ago 2002	9	-2,58	4	
	fev 2004	jul 2006	30	-3,51	2		fev 2004	jul 2006	30	-3,39	2	

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI						PDSI original ET FAO-PM				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c		Início	Fim	Dur	Intens	t _c
52	out 1941	fev 1942	5	-2,08	2		out 1941	fev 1942	5	-2,25	2
	abr 1943	ago 1943	5	-2,32	2		abr 1943	fev 1946	35	-3,15	1
	abr 1948	dez 1950	33	-3,31	5		abr 1948	dez 1950	33	-3,26	6
	fev 1953	out 1954	21	-3,09	3		fev 1953	out 1954	21	-2,76	1
	mai 1955	out 1955	6	-1,84	3		mai 1955	out 1955	6	-1,57	5
	nov 1956	fev 1958	16	-2,28	2		nov 1956	fev 1958	16	-2	2
	ago 1962	dez 1962	5	-1,96	3		ago 1962	dez 1962	5	-1,6	4
	out 1964	ago 1965	11	-2,29	2		set 1964	ago 1965	12	-2,54	2
	jul 1967	ago 1968	14	-2,3	5		jul 1967	jul 1968	13	-1,92	5
	abr 1970	fev 1971	11	-1,96	5		abr 1970	fev 1971	11	-2,08	5
	out 1971	dez 1973	27	-1,28	2		out 1971	dez 1973	27	-1,44	2
	out 1974	jun 1976	21	-2,52	9		out 1974	jun 1976	21	-2,35	14
	ago 1979	nov 1981	28	-1,83	13		set 1979	mar 1983	43	-2,2	15
	jul 1986	jul 1987	13	-2,21	5		jun 1986	jul 1987	14	-2,07	6
	dez 1988	mar 1993	52	-2,36	1		nov 1988	mar 1993	53	-2,66	2
	dez 1994	out 1995	11	-1,74	5		dez 1994	out 1995	11	-1,77	4
	nov 1998	mar 2000	17	-2,79	2		nov 1998	mar 2000	17	-2,76	2
55	ago 2001	jul 2002	12	-2,87	4		set 2001	jul 2002	11	-2,95	3
	fev 2004	jul 2006	30	-3,15	3		fev 2004	jul 2006	30	-3,18	3
	out 1941	jun 1943	21	-2,31	2		out 1941	jun 1943	21	-1,91	2
	jan 1944	fev 1946	26	-3,67	2		jan 1944	fev 1946	26	-3,81	1
	out 1946	jan 1947	4	-1,76	3		out 1946	jan 1947	4	-1,76	3
	jul 1947	dez 1947	6	-2	3		ago 1947	dez 1947	5	-1,58	4
	set 1948	jan 1951	29	-2,93	2		set 1948	jan 1951	29	-2,99	2
	jan 1953	out 1955	34	-3,05	1		jan 1953	out 1955	34	-2,81	1
	nov 1956	nov 1958	25	-2,97	2		nov 1956	nov 1958	25	-2,67	2
	ago 1962	dez 1962	5	-1,89	3		ago 1962	dez 1962	5	-1,79	4
	set 1964	ago 1965	12	-2,02	2		set 1964	ago 1965	12	-2,14	2
	dez 1966	out 1968	23	-1,88	8		jan 1967	jan 1968	13	-1,66	9
	mar 1970	fev 1971	12	-1,72	7		mar 1970	fev 1971	12	-1,81	7
	dez 1975	jun 1976	7	-2,68	2		dez 1975	jun 1976	7	-2,81	2
	ago 1980	mai 1982	22	-2,53	4		set 1980	jul 1982	23	-2,03	4
	jun 1986	jun 1987	13	-2,04	2		jun 1986	jun 1987	13	-1,8	6
	nov 1988	mai 1989	7	-2,67	1		set 1988	set 1989	13	-2,31	3
568	jul 1991	mar 1993	21	-2,15	3		jun 1991	jul 1992	14	-2,18	8
	jul 1994	out 1995	16	-1,7	8		jul 1994	out 1995	16	-1,48	9
	mar 1997	jun 1997	4	-1,9	2		mar 1997	jun 1997	4	-2,2	1
	nov 1998	jul 1999	9	-2,42	1		out 1998	jul 1999	10	-2,35	2
	nov 1999	mar 2000	5	-2	3		nov 1999	mar 2000	5	-2,26	2
	jun 2001	ago 2002	15	-2,86	5		set 2001	ago 2002	12	-2,86	3
	fev 2004	jul 2004	6	-1,67	5		fev 2004	jul 2004	6	-1,98	3
	dez 2004	jul 2006	20	-3,21	2		dez 2004	jul 2006	20	-3,04	1
	out 1941	fev 1942	5	-2,73	1		out 1941	fev 1942	5	-2,94	0
	jan 1944	mai 1944	5	-2,43	1		jan 1944	mai 1944	5	-2,32	1
	fev 1945	set 1945	8	-2,61	1		fev 1945	set 1945	8	-2,91	1
	jun 1947	nov 1947	6	-2,09	3		jul 1947	nov 1947	5	-2	3
	jul 1948	ago 1949	14	-2,64	4		jul 1948	ago 1949	14	-2,69	4
	jan 1953	dez 1954	24	-2,11	4		jan 1953	dez 1954	24	-1,93	5
	abr 1955	out 1955	7	-1,51	6		abr 1955	out 1955	7	-1,33	6
	set 1957	mai 1958	9	-2,37	1		out 1957	mai 1958	8	-2,36	1
	mai 1962	dez 1962	8	-2,35	3		mai 1962	dez 1962	8	-2,4	2
	abr 1965	ago 1965	5	-2,37	2		abr 1965	ago 1965	5	-2,56	1
	jul 1967	out 1968	16	-1,67	3		jul 1967	out 1968	16	-1,67	3
	out 1970	dez 1970	5	-2,14	2		out 1970	dez 1970	5	-2,16	2
	out 1971	jan 1972	4	-2,95	1		out 1971	jan 1972	4	-2,98	1
	set 1974	jun 1976	22	-3,37	1		out 1974	jun 1976	27	-3,14	6
	jul 1979	nov 1981	29	-2,3	2		dez 1979	nov 1981	24	-2,35	4
	fev 1982	mar 1983	14	-1,95	1		fev 1982	out 1983	21	-1,7	1
	mai 1986	jun 1987	14	-3,32	1		mai 1986	jun 1987	14	-3,36	1
	nov 1988	out 1989	12	-2,51	1		nov 1988	out 1989	12	-2,4	1
	fev 1990	jan 1991	12	-2,51	1		fev 1990	jan 1991	12	-2,53	1
	mai 1991	ago 1993	28	-3,18	3		mai 1991	mar 1993	23	-3,2	3
	dez 1993	nov 1995	24	-2,09	4		dez 1993	nov 1995	24	-2,15	4
	nov 1998	jun 1999	8	-2,48	1		nov 1998	jun 1999	8	-2,4	1
	mai 2001	jul 2002	15	-2,69	1		mai 2001	jul 2002	15	-2,68	3
	fev 2004	ago 2006	31	-3,42	2		fev 2004	jul 2006	30	-3,38	2

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI						PDSI original ET FAO-PM							
	Início		Fim		Dur	Intens	t _c	Início		Fim		Dur	Intens	t _c
75	out	1941	fev	1942	5	-1,75	3	out	1941	fev	1942	5	-1,76	3
	fev	1945	out	1945	9	-2,38	3	fev	1945	out	1945	9	-2,18	2
	jul	1947	jan	1951	43	-2,14	2	nov	1948	jan	1951	27	-2,51	4
	fev	1953	out	1955	33	-2,41	4	fev	1953	out	1955	33	-2,05	3
	jul	1962	dez	1962	6	-1,88	9	ago	1962	dez	1962	5	-1,53	4
	nov	1964	ago	1965	10	-1,91	4	nov	1964	ago	1965	10	-2,07	1
	jul	1975	jul	1976	13	-2,51	1	out	1974	jul	1976	22	-1,87	14
	abr	1980	nov	1981	20	-1,27	5	dez	1980	nov	1981	12	-1,5	1
	abr	1990	abr	1993	37	-2,96	6	mai	1990	set	1997	89	-2,12	2
	nov	1998	jul	1999	9	-1,88	5	nov	1998	jul	1999	9	-1,88	3
nov	2001	jan	2006	51	-2,99	3	set	2001	jul	2006	59	-3,12	3	
107	out	1941	fev	1942	5	-1,76	4	out	1941	fev	1942	5	-1,59	4
	abr	1943	fev	1946	35	-2,95	2	mai	1943	fev	1946	34	-2,99	1
	mai	1947	dez	1950	44	-3,58	2	jul	1947	dez	1950	42	-3,51	4
	nov	1952	dez	1954	26	-2,82	2	dez	1952	dez	1954	25	-2,72	2
	abr	1955	nov	1955	8	-1,97	5	jul	1955	nov	1955	5	-1,65	3
	dez	1956	nov	1958	24	-1,72	9	dez	1956	mai	1958	18	-1,61	10
	jul	1964	ago	1965	14	-2,47	4	out	1964	ago	1965	11	-2,29	1
	out	1970	mar	1971	6	-1,87	2	out	1970	mar	1971	6	-1,92	2
	out	1971	ago	1972	11	-1,74	1	out	1971	ago	1972	11	-1,58	1
	ago	1975	jul	1976	12	-3,06	4	nov	1975	jul	1976	9	-2,99	2
	fev	1980	mar	1983	38	-2,09	10	set	1980	mar	1983	31	-2,18	4
	nov	1988	out	1989	12	-2,45	1	nov	1988	out	1989	12	-2,49	1
	mai	1991	mar	1993	23	-2,32	7	mai	1991	mar	1993	23	-2,22	2
	dez	1994	out	1995	11	-2,3	5	dez	1994	out	1995	11	-2,12	5
	nov	1998	ago	1999	10	-2,72	2	dez	1998	ago	1999	9	-2,63	1
	nov	2001	ago	2002	10	-2,13	1	dez	2001	ago	2002	9	-1,98	2
	jan	2005	jul	2006	19	-2,8	1	jan	2005	jul	2006	19	-2,56	1
212	nov	1944	mar	1946	17	-3,78	2	dez	1944	mar	1946	16	-3,9	1
	set	1948	abr	1950	20	-2,25	2	set	1948	abr	1950	20	-2,37	2
	dez	1952	dez	1954	25	-2,57	2	jan	1953	out	1955	34	-2,36	1
	jan	1957	nov	1958	23	-1,26	22	out	1957	nov	1958	14	-1,27	13
	out	1964	ago	1965	11	-2,14	1	set	1964	ago	1965	12	-2,12	3
	dez	1973	jul	1976	32	-1,93	10	set	1974	jul	1976	23	-1,89	3
	fev	1980	out	1983	45	-2,19	10	out	1980	out	1983	37	-2,09	3
	jun	1991	abr	1993	23	-2,85	5	jun	1991	abr	1993	23	-2,6	5
	nov	1994	out	1995	12	-2,66	3	nov	1994	out	1995	12	-2,65	4
	mar	1998	mar	2000	25	-2	9	nov	1998	jul	1999	9	-2,4	3
	mar	2004	mai	2006	27	-2,92	3	mai	2004	mai	2006	25	-2,65	8
530	jun	1942	nov	1942	6	-1,64	1	jun	1942	nov	1942	6	-1,7	3
	mai	1943	fev	1946	34	-3,11	3	mai	1943	out	1945	30	-3,22	10
	jul	1947	ago	1949	26	-3,25	12	jul	1947	ago	1949	26	-3,21	4
	jan	1953	fev	1954	14	-1,53	2	jan	1953	ago	1953	8	-1,99	4
	out	1954	out	1955	13	-1,59	6	nov	1954	out	1955	12	-1,67	9
	out	1975	jul	1976	10	-1,78	11	out	1975	jul	1976	10	-1,71	8
	dez	1980	nov	1981	12	-1,66	4	abr	1980	nov	1981	20	-1,54	9
	jan	2005	mai	2006	17	-2,42	2	jan	2005	jul	2006	19	-2,27	2
150	dez	1943	out	1945	23	-3,89	2	dez	1943	out	1945	23	-3,86	1
	ago	1948	ago	1949	13	-2,47	1	dez	1947	ago	1949	21	-2,24	9
	dez	1952	nov	1953	12	-1,6	3	dez	1952	ago	1953	9	-1,69	6
	dez	1956	nov	1958	24	-1,69	7	dez	1956	nov	1958	24	-2,12	8
	out	1964	ago	1965	11	-1,66	11	out	1964	ago	1965	11	-1,97	1
	out	1970	mar	1971	6	-2,16	2	set	1970	mar	1971	7	-2,27	2
	out	1974	jan	1975	4	-2,01	2	set	1974	jan	1975	5	-1,95	3
	jul	1975	jul	1976	13	-2,25	2	jun	1975	jul	1976	14	-2,32	7
	abr	1977	set	1977	6	-1,69	5	abr	1977	set	1977	6	-2,07	1
	nov	1980	mar	1981	5	-1,97	4	nov	1980	fev	1981	4	-2,05	2
	jul	1981	jun	1982	12	-1,68	2	jun	1981	jun	1982	13	-1,76	2
	dez	1982	out	1983	11	-2,56	1	dez	1982	out	1983	11	-2,77	1
	mai	1991	ago	1993	28	-2,45	1	mai	1991	ago	1993	28	-2,65	9
	nov	1994	ago	1995	10	-2,93	9	nov	1994	ago	1995	10	-3,19	2
	nov	1998	ago	1999	10	-1,84	2	nov	1998	jul	1999	9	-2	3
	dez	2004	set	2005	10	-3,26	1	dez	2004	set	2005	10	-3,46	1

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI					PDSI original ET FAO-PM				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
535	mai 1943	ago 1943	4	-1,67	3	nov 1943	fev 1946	28	-3,63	2
	jun 1947	nov 1950	42	-2,55	2	jun 1947	nov 1950	42	-1,88	5
	nov 1952	dez 1954	26	-2,09	4	nov 1952	fev 1954	16	-2,08	4
	mai 1955	out 1955	6	-1,95	3	mai 1955	out 1955	6	-2,27	1
	dez 1956	abr 1957	5	-1,83	1	dez 1956	jul 1958	20	-1,24	4
	jul 1964	ago 1965	14	-2,34	4	out 1964	ago 1965	11	-2,37	1
	dez 1966	jan 1968	14	-1,92	7	dez 1966	jan 1968	14	-1,4	13
	out 1971	fev 1972	5	-1,79	1	out 1971	dez 1971	3	-2,12	1
	set 1974	jul 1976	23	-2,54	2	out 1974	jul 1976	22	-2,43	2
	dez 1980	jul 1982	20	-2,41	1	dez 1980	jul 1982	20	-2,31	1
	dez 1982	out 1983	11	-1,9	2	dez 1982	out 1983	11	-2,33	2
	out 1985	jul 1987	22	-1,58	9	mai 1987	jul 1987	3	-1,87	2
	jun 1991	abr 1993	23	-3,31	5	jun 1991	abr 1993	23	-2,99	6
	dez 1994	mar 1995	4	-1,79	3	dez 1994	out 1995	11	-1,34	3
	nov 1998	jul 1999	9	-2,2	1	nov 1998	jul 1999	9	-2,42	1
	dez 2001	ago 2002	9	-1,66	2	dez 2001	ago 2002	9	-1,88	2
	dez 2004	ago 2006	21	-2,98	1	dez 2004	ago 2006	21	-2,8	1
571	set 1941	fev 1942	6	-2,23	1	set 1941	fev 1942	6	-2,06	1
	jun 1943	fev 1946	33	-2,71	7	jun 1943	fev 1946	33	-2,84	7
	jun 1947	abr 1948	11	-2,08	1	jun 1947	abr 1948	11	-1,57	5
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	set 1948	jul 1949	11	-2,39	2
	nov 1952	dez 1954	26	-1,87	3	jan 1953	dez 1954	24	-2,04	2
	abr 1955	out 1955	7	-2,27	3	mai 1955	out 1955	6	-1,9	2
	nov 1957	nov 1958	13	-2,02	7	dez 1957	nov 1958	12	-1,58	10
	mai 1964	ago 1965	16	-2,22	6	out 1964	ago 1965	11	-2,8	1
	abr 1967	out 1968	19	-1,85	8	dez 1967	out 1968	11	-1,51	1
	out 1971	jun 1973	21	-1,7	1	out 1971	mar 1976	54	-1,89	2
	nov 1980	out 1983	36	-2,66	2	dez 1980	out 1983	35	-3,1	1
	set 1985	jun 1987	22	-2,06	4	out 1985	jun 1987	21	-1,88	8
	mai 1991	mar 1993	23	-2,89	3	mai 1991	mar 1993	23	-3,1	3
	dez 1994	nov 1995	12	-2,31	4	mar 1995	nov 1995	9	-2,49	2
	jul 2001	ago 2002	14	-2,12	5	jul 2001	dez 2002	18	-1,7	6
	mar 2004	ago 2006	30	-3,17	4	abr 2004	jul 2006	28	-3,08	9
226	out 1941	fev 1942	5	-1,52	4	out 1941	fev 1942	5	-1,76	3
	dez 1943	out 1945	23	-2,85	2	dez 1943	out 1945	23	-3,43	2
	nov 1948	ago 1949	10	-2,04	4	set 1948	ago 1949	12	-2,33	5
	dez 1952	dez 1954	25	-2,29	3	dez 1952	out 1955	35	-2,7	2
	dez 1956	nov 1958	24	-1,83	7	dez 1956	nov 1958	24	-1,68	10
	nov 1964	ago 1965	10	-1,99	6	out 1964	ago 1965	11	-2,26	3
	abr 1973	mar 1976	36	-1,36	18	abr 1973	mar 1976	36	-1,42	18
	jan 1980	out 1983	46	-2,16	11	jan 1980	out 1983	46	-2,37	11
	dez 1988	set 1989	10	-2,42	2	dez 1988	set 1989	10	-2,45	1
	mar 1990	out 1995	68	-2,45	5	mai 1990	out 1995	66	-2,93	3
	ago 1998	jul 2006	138	-2,53	42	ago 1998	jul 2002	48	-2,79	2
170	out 1941	fev 1942	5	-1,89	3	out 1941	fev 1942	5	-2,01	2
	nov 1943	out 1945	24	-3,95	2	dez 1943	out 1945	23	-4,12	1
	set 1948	abr 1950	20	-2,59	2	out 1948	abr 1950	19	-2,54	4
	ago 1954	dez 1954	5	-1,91	2	set 1954	dez 1954	4	-1,78	3
	ago 1955	out 1955	3	-1,68	2	jun 1955	out 1955	5	-1,56	4
	dez 1956	jul 1958	20	-1,79	9	jan 1957	jul 1958	19	-1,79	7
	nov 1964	ago 1965	10	-1,91	1	nov 1964	ago 1965	10	-1,8	2
	jan 1967	out 1968	22	-1,78	6	jan 1967	jan 1968	13	-1,7	11
	out 1970	mar 1971	6	-1,8	4	out 1970	mar 1971	6	-1,78	4
	mar 1974	jul 1976	29	-2,17	7	out 1974	jul 1976	22	-1,91	2
	dez 1980	out 1983	35	-2,27	2	dez 1980	out 1984	47	-2,04	2
	mai 1986	ago 1986	4	-1,6	6	out 1985	dez 1986	15	-1,44	9
	jun 1991	mar 1993	22	-3,2	7	jun 1991	abr 1993	23	-2,93	6
	set 1994	out 1995	14	-3,19	5	abr 1994	out 1995	19	-2,67	9
	ago 1998	jul 1999	12	-2,28	4	nov 1998	jun 1999	8	-2,2	3
	jan 2000	mar 2000	3	-1,68	3	jan 2000	abr 2000	4	-1,53	2
	dez 2001	ago 2002	9	-1,48	2	dez 2001	ago 2002	9	-1,8	6
	abr 2004	mai 2006	26	-3,18	2	jun 2004	jul 2006	26	-2,94	7

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI						PDSI original ET FAO-PM							
	Início		Fim		Dur	Intens	t _c	Início		Fim		Dur	Intens	t _c
174	out 1941	fev 1942	5	-1,87	3	out 1941	ago 1942	11	-1,31	4				
	dez 1943	fev 1946	27	-3,63	1	dez 1943	jan 1947	38	-2,97	3				
	set 1948	ago 1949	12	-2,75	2	set 1948	out 1951	38	-2,05	4				
	dez 1952	dez 1954	25	-2,14	3	jan 1953	dez 1954	24	-2,06	3				
	nov 1956	nov 1958	25	-2,05	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,98	9				
	out 1964	ago 1965	11	-2,17	2	out 1964	ago 1965	11	-2,15	6				
	jan 1967	jan 1968	13	-1,88	8	abr 1967	jan 1968	10	-1,74	8				
	out 1970	mar 1971	6	-1,84	2	out 1970	mar 1971	6	-1,8	2				
	set 1974	jan 1975	5	-2,26	1	set 1974	jul 1976	23	-1,79	3				
	dez 1979	jun 1982	31	-2,16	6	dez 1979	jun 1982	31	-1,94	13				
	jan 1983	out 1983	10	-2,03	2	jan 1983	out 1983	10	-1,94	2				
	out 1985	jul 1987	22	-1,99	3	out 1985	jul 1987	22	-2,01	9				
	jan 1989	ago 1989	8	-1,5	2	jan 1989	ago 1989	8	-1,66	2				
	jul 1991	jul 1993	25	-2,31	4	ago 1991	jul 1993	24	-2,1	6				
	set 1994	out 1995	14	-2,35	6	fev 1995	out 1995	9	-2,58	2				
	out 1998	jun 1999	9	-2,65	2	nov 1998	jun 1999	8	-2,45	1				
	nov 2001	jul 2002	9	-2,39	2	dez 2001	jul 2002	8	-2,37	2				
	jan 2004	mai 2006	29	-3,6	3	fev 2004	mai 2006	28	-3,77	2				
557	dez 1943	fev 1946	27	-2,88	2	jan 1944	fev 1946	26	-3	2				
	set 1948	ago 1949	12	-2,62	2	set 1948	ago 1949	12	-2,49	2				
	fev 1953	out 1954	21	-1,57	12	mai 1953	out 1954	18	-1,76	9				
	nov 1956	nov 1958	25	-1,84	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,79	11				
	out 1964	ago 1965	11	-1,93	3	out 1964	ago 1965	11	-2,07	3				
	out 1967	jan 1968	4	-1,64	3	dez 1966	out 1968	23	-1,16	13				
	out 1970	mar 1971	6	-1,99	1	out 1970	mar 1971	6	-1,94	2				
	out 1971	ago 1972	11	-1,59	1	out 1971	ago 1972	11	-1,55	2				
	abr 1973	jul 1976	40	-2,45	5	abr 1973	jul 1976	40	-2,26	6				
	jan 1980	out 1983	46	-2,85	11	jan 1980	out 1983	46	-2,84	11				
	dez 1988	jul 1989	8	-2,35	1	dez 1988	jul 1989	8	-2,25	2				
	jul 1990	set 1990	3	-1,61	2	mar 1990	set 1990	7	-1,31	6				
	abr 1991	out 1995	55	-3,09	4	mai 1991	out 1995	54	-3,32	5				
	nov 1998	mar 2000	17	-2,74	1	nov 1998	out 2000	24	-2,37	1				
	dez 2001	ago 2002	9	-2,07	2	dez 2001	ago 2002	9	-2,17	5				
	jul 2003	jul 2006	37	-3,2	8	ago 2003	jul 2006	36	-3,27	8				
235	jan 1944	fev 1946	26	-2,94	2	jan 1944	fev 1946	26	-2,83	2				
	ago 1948	out 1951	39	-2,12	2	set 1948	jan 1951	29	-2,07	2				
	jan 1953	out 1955	34	-3,23	3	jan 1953	out 1955	34	-2,85	4				
	nov 1964	ago 1965	10	-1,52	8	nov 1964	ago 1965	10	-1,77	7				
	mai 1967	jan 1968	9	-1,58	8	ago 1967	jan 1968	6	-1,5	5				
	out 1970	mar 1971	6	-1,57	2	out 1970	mar 1971	6	-1,77	2				
	out 1971	ago 1972	11	-1,34	2	out 1971	dez 1971	3	-1,93	1				
	out 1973	jun 1976	33	-2,59	9	out 1973	jun 1976	33	-2,56	10				
	jan 1980	out 1983	46	-2,65	11	jan 1980	out 1983	46	-2,83	10				
	out 1985	jun 1987	21	-1,57	3	set 1985	jun 1987	22	-1,74	9				
	jan 1989	set 1989	9	-1,71	6	dez 1988	set 1989	10	-1,68	3				
	jul 1991	out 1995	52	-2,68	4	jul 1991	out 1995	52	-2,94	4				
	out 1998	out 2000	25	-3,38	2	out 1998	out 2000	25	-3,43	2				
	dez 2001	mai 2006	54	-2,7	4	dez 2001	set 2003	22	-2,2	4				
183	nov 1943	fev 1946	28	-2,94	2	nov 1943	out 1945	24	-3,21	2				
	fev 1949	ago 1949	7	-1,94	3	nov 1948	ago 1949	10	-1,86	5				
	jan 1953	out 1954	22	-2,64	4	fev 1953	out 1954	21	-2,48	3				
	dez 1956	nov 1958	24	-2,41	4	dez 1956	nov 1958	24	-2,05	5				
	out 1964	ago 1965	11	-2,44	2	out 1964	ago 1965	11	-2,39	2				
	dez 1966	jan 1968	14	-2,08	6	jan 1967	jan 1968	13	-1,81	8				
	abr 1973	jan 1975	22	-1,6	6	abr 1973	jul 1976	40	-1,99	6				
	jan 1980	out 1983	46	-2,78	5	jan 1980	out 1983	46	-2,78	11				
	dez 1991	jul 1993	20	-2,76	2	dez 1991	out 1995	47	-2,97	2				
	nov 1998	mar 2000	17	-2,39	1	nov 1998	mar 2000	17	-2,38	2				
	dez 2001	jul 2006	56	-2,84	2	nov 2001	jul 2006	57	-2,84	3				
	562	dez 1943	fev 1946	27	-3,54	2	jan 1944	fev 1946	26	-3,59	2			
nov 1948		out 1951	36	-1,87	3	nov 1948	out 1951	36	-1,66	3				
fev 1953		dez 1954	23	-1,95	5	mar 1953	out 1955	32	-1,92	4				
nov 1956		nov 1958	25	-2,15	2	dez 1956	nov 1958	24	-1,91	17				
ago 1964		ago 1965	13	-1,96	4	out 1964	ago 1965	11	-2,15	2				
dez 1966		out 1968	23	-1,69	4	set 1966	jan 1968	17	-1,96	6				

Tabela D.10. (continuação).

	MedPDSI					PDSI original ET FAO-PM				
	Início	Fim	Dur	Intens	t _c	Início	Fim	Dur	Intens	t _c
	nov 1973	jan 1975	15	-2,43	4	nov 1973	jan 1975	15	-2,13	8
	out 1980	out 1983	37	-3,3	2	dez 1980	out 1983	35	-3,02	1
	out 1985	jun 1987	21	-1,91	1	out 1985	jun 1987	21	-1,52	3
	jun 1991	abr 1993	23	-2,67	6	set 1990	out 1995	62	-2,47	15
	nov 1998	jul 1999	9	-2,6	3	nov 1998	jul 1999	9	-2,45	3
	abr 2004	jul 2006	28	-3,46	3	mai 2004	jul 2006	27	-3,4	7
250	out 1941	fev 1942	5	-1,66	4	out 1941	jul 1942	10	-1,34	4
	nov 1943	mai 1944	7	-2,69	2	nov 1943	jan 1947	39	-3,02	3
	jul 1948	out 1951	40	-2,47	2	set 1948	out 1951	38	-2,63	2
	jun 1954	dez 1954	7	-2,06	3	fev 1954	out 1955	21	-1,62	6
	dez 1956	nov 1958	24	-2,55	1	dez 1956	nov 1958	24	-2,31	13
	dez 1964	ago 1965	9	-1,62	6	mai 1965	ago 1965	4	-1,89	2
	jul 1974	mai 1976	23	-2,06	3	jul 1974	mai 1976	23	-2,26	4
	jan 1980	jun 1982	30	-2,79	5	abr 1980	jun 1982	27	-2,75	8
	jan 1983	out 1983	10	-2,78	2	jan 1983	out 1983	10	-2,4	2
	ago 1985	mar 1987	20	-1,68	2	out 1985	jun 1987	21	-1,37	10
	set 1990	abr 1993	32	-2,91	4	set 1990	out 1995	62	-3,21	9
	mar 1998	nov 2000	33	-2,48	4	jun 1998	nov 2000	30	-2,62	6
	ago 2002	jul 2004	24	-1,48	10	mai 2003	jul 2004	15	-1,29	4
	nov 2004	jun 2006	20	-3,3	2	dez 2004	jun 2006	19	-3,22	2
538	dez 1943	out 1945	23	-3,66	3	dez 1943	set 1945	22	-3,62	3
	fev 1949	ago 1949	7	-2,56	2	fev 1949	ago 1949	7	-3,07	1
	mar 1950	out 1951	20	-1,62	3	mar 1950	nov 1950	9	-2,13	4
	dez 1956	nov 1958	24	-2,42	5	dez 1956	nov 1958	24	-2,65	5
	fev 1961	dez 1962	23	-1,61	8	fev 1961	nov 1962	22	-1,94	8
	nov 1964	ago 1965	10	-2,49	12	dez 1964	ago 1965	9	-2,69	1
	dez 1967	out 1968	11	-1,77	2	set 1967	out 1968	14	-1,85	4
	dez 1980	set 1983	34	-2,26		out 1981	set 1983	33	-2,39	2
	set 1985	ago 1986	12	-1,45	3	jan 1985	dez 1986	15	-1,53	2
	out 1991	nov 1992	14	-2,5	3	out 1991	nov 1992	14	-2,63	5
	mar 1994	out 1995	20	-2,84	5	out 1994	out 1995	20	-3,23	3
	nov 1998	fev 2002	40	-2,58	6	mar 1998	fev 2002	40	-2,78	2
	jun 2003	set 2003	4	-1,74	2	nov 2003	set 2005	30	-2,85	2
554	dez 1943	fev 1946	27	-3,62	2	dez 1943	fev 1946	27	-4,41	1
	out 1950	dez 1951	15	-2,41	6	out 1950	dez 1951	15	-2,73	6
	nov 1952	dez 1954	26	-2,37	3	nov 1952	dez 1954	26	-2,52	1
	dez 1956	nov 1958	24	-3,04	2	dez 1956	nov 1958	24	-3,27	1
	out 1964	ago 1965	11	-2,31	6	out 1964	ago 1965	11	-2,36	6
	dez 1966	set 1967	10	-2,89	1	dez 1966	set 1967	10	-3,21	1
	mar 1973	nov 1975	33	-2,65	4	mar 1973	nov 1975	33	-3,32	1
	dez 1979	dez 1984	61	-2,97	6	dez 1979	dez 1984	61	-3,42	4
	set 1985	jun 1987	22	-1,95	2	ago 1985	jun 1987	23	-2,18	2
	nov 1991	nov 1992	13	-2,21	4	nov 1991	nov 1992	13	-2,51	3
	mar 1994	out 1995	20	-2,89	6	jan 1994	out 1995	22	-3,44	3
	nov 1998	mar 2000	17	-2,87	2	nov 1998	nov 2000	25	-2,83	1
	nov 2004	set 2005	11	-3,36	2	nov 2004	set 2005	11	-3,68	2
266	nov 1943	out 1945	24	-3,79	1	nov 1943	out 1945	24	-3,98	2
	abr 1949	ago 1949	5	-1,68	2	fev 1949	ago 1949	7	-1,61	4
	nov 1950	jan 1952	15	-2,37	3	nov 1950	jan 1952	15	-2,47	5
	set 1953	dez 1954	16	-1,81	5	nov 1953	dez 1954	14	-1,88	7
	jan 1957	dez 1959	36	-2,55	10	dez 1956	dez 1959	37	-2,5	2
	jan 1961	ago 1961	8	-1,57	2	jan 1961	ago 1961	8	-1,68	1
	out 1964	ago 1965	11	-1,85	7	out 1964	ago 1965	11	-1,75	7
	jun 1966	set 1967	16	-1,42	7	jun 1966	set 1967	16	-1,48	6
	abr 1973	jul 1976	40	-3,33	6	abr 1973	jul 1976	40	-3,14	5
	dez 1979	set 1983	46	-2,87	5	dez 1979	set 1983	46	-2,52	13
	out 1985	jun 1987	21	-1,84	10	out 1985	jun 1987	21	-1,79	9
	out 1990	mar 1993	30	-2,11	9	set 1990	fev 1993	30	-2,09	4
	mar 1994	out 1995	20	-2,85	3	jan 1994	out 1995	22	-2,4	11
	nov 1998	nov 2000	25	-2,42	4	nov 1998	nov 2000	25	-2,47	2
	jan 2005	set 2005	9	-3,27	2	jan 2005	jul 2006	19	-2,83	1

Tabela D.11. Relação entre os valores do MedPDSI (y) e os do SPI - 9 meses (x) e SPI - 12 meses (x), para as 27 localidades analisadas.

Estação	MedPDSI vs SPI - 9		MedPDSI vs SPI - 12	
	Equação	R ²	Equação	R ²
Braga	$y = 0,74x - 0,62$	0,54	$y = 0,69x - 0,62$	0,48
Porto	$y = 0,89x - 0,33$	0,60	$y = 0,88x - 0,33$	0,58
Montalegre	$y = 0,87x + 0,04$	0,54	$y = 0,87x + 0,04$	0,54
Bragança	$y = 0,85x + 0,00$	0,57	$y = 0,82x - 0,01$	0,54
Miranda Douro	$y = 0,89x - 0,52$	0,71	$y = 0,86x - 0,53$	0,69
Mirandela	$y = 0,91x - 0,37$	0,71	$y = 0,88x - 0,37$	0,66
Régua	$y = 0,85x - 0,61$	0,59	$y = 0,82x - 0,61$	0,55
Pinhão	$y = 0,72x - 0,76$	0,57	$y = 0,68x - 0,75$	0,50
Penhas Dour.	$y = 0,79x - 0,57$	0,53	$y = 0,75x - 0,56$	0,47
Viseu	$y = 0,82x - 0,30$	0,65	$y = 0,79x - 0,30$	0,61
Coimbra	$y = 0,89x - 0,45$	0,63	$y = 0,85x - 0,45$	0,59
Cabo Carvoeiro	$y = 0,64x - 0,08$	0,60	$y = 0,61x - 0,08$	0,55
Alvega	$y = 0,83x - 0,13$	0,62	$y = 0,84x - 0,14$	0,64
Portalegre	$y = 0,78x - 0,02$	0,44	$y = 0,79x - 0,02$	0,45
Cabo da Roca	$y = 0,86x + 0,05$	0,70	$y = 0,84x + 0,05$	0,67
Lisboa	$y = 0,90x - 0,21$	0,62	$y = 0,89x - 0,21$	0,59
Setúbal	$y = 0,86x - 0,25$	0,58	$y = 0,83x - 0,25$	0,54
Alcácer do Sal	$y = 0,91x - 0,27$	0,64	$y = 0,86x - 0,26$	0,57
Mora	$y = 0,88x - 0,27$	0,60	$y = 0,88x - 0,27$	0,60
Évora	$y = 0,97x - 0,36$	0,70	$y = 0,97x - 0,37$	0,70
Elvas	$y = 1,00x - 0,49$	0,68	$y = 1,00x - 0,49$	0,69
Alvalade	$y = 0,93x - 0,19$	0,63	$y = 0,92x - 0,20$	0,63
Beja	$y = 1,01x - 0,02$	0,67	$y = 1,03x - 0,03$	0,70
Amareleja	$y = 0,92x - 0,45$	0,65	$y = 0,92x - 0,45$	0,64
Sagres	$y = 0,86x - 0,08$	0,63	$y = 0,85x - 0,08$	0,61
Faro	$y = 0,95x - 0,34$	0,68	$y = 0,98x - 0,35$	0,72
V.R.S ¹⁰ António	$y = 0,86x - 0,27$	0,52	$y = 0,86x - 0,28$	0,53

Tabela D.12. Relação entre os valores do MedPDSI (y), PDSI original ET-Thornthwaite (y) e PDSI original ET FAO Penman-Monteith (y) e os do SPI - 9 meses (x), para as 27 localidades analisadas.

Posto	MedPDSI vs SPI-9		PDSI Thorn vs SPI-9		PDSI FAO-PM vs SPI-9	
	Equação	R ²	Equação	R ²	Equação	R ²
Braga	$y = 0,74x - 0,62$	0,54	$y = 0,75x - 0,54$	0,55	$y = 0,72x - 0,38$	0,55
Porto	$y = 0,89x - 0,33$	0,60	$y = 0,89x - 0,29$	0,64	$y = 0,89x - 0,37$	0,62
Montalegre	$y = 0,87x + 0,04$	0,54	$y = 0,84x + 0,04$	0,53	$y = 0,84x + 0,05$	0,50
Bragança	$y = 0,85x + 0,00$	0,57	$y = 0,89x - 0,17$	0,60	$y = 0,84x + 0,03$	0,57
Miranda Douro	$y = 0,89x - 0,52$	0,71	$y = 0,83x - 0,25$	0,65	$y = 0,90x - 0,42$	0,72
Mirandela	$y = 0,91x - 0,37$	0,71	$y = 0,91x - 0,17$	0,68	$y = 0,91x - 0,38$	0,67
Régua	$y = 0,85x - 0,61$	0,59	$y = 0,88x - 0,50$	0,56	$y = 0,93x - 0,54$	0,62
Pinhão	$y = 0,72x - 0,76$	0,57	$y = 0,71x - 0,61$	0,61	$y = 0,76x - 0,60$	0,62
Penhas Dour.	$y = 0,79x - 0,57$	0,53	$y = 0,80x - 0,50$	0,55	$y = 0,80x - 0,46$	0,53
Viseu	$y = 0,82x - 0,30$	0,65	$y = 0,80x - 0,07$	0,67	$y = 0,84x - 0,32$	0,66
Coimbra	$y = 0,89x - 0,45$	0,63	$y = 0,87x - 0,11$	0,65	$y = 0,94x - 0,17$	0,68

Tabela D.12. (continuação).

Posto	MedPDSI vs SPI-9		PDSI Thorn vs SPI-9		PDSI FAO-PM vs SPI-9	
	Equação	R ²	Equação	R ²	Equação	R ²
Cabo Carvoeiro	$y = 0,64x - 0,08$	0,60	$y = 0,76x + 0,02$	0,65	$y = 0,81x + 0,32$	0,66
Alvega	$y = 0,83x - 0,13$	0,62	$y = 0,78x + 0,12$	0,58	$y = 0,78x - 0,23$	0,63
Portalegre	$y = 0,78x - 0,02$	0,44	$y = 0,85x + 0,20$	0,53	$y = 0,77x + 0,04$	0,43
Cabo da Roca	$y = 0,86x + 0,05$	0,70	$y = 0,90x + 0,12$	0,70	$y = 0,94x + 0,11$	0,71
Lisboa	$y = 0,90x - 0,21$	0,62	$y = 0,74x - 0,38$	0,54	$y = 0,73x - 0,41$	0,58
Setúbal	$y = 0,86x - 0,25$	0,58	$y = 0,79x + 0,28$	0,53	$y = 0,89x - 0,04$	0,63
Alcácer do Sal	$y = 0,91x - 0,27$	0,64	$y = 0,75x - 0,31$	0,56	$y = 0,82x - 0,44$	0,59
Mora	$y = 0,88x - 0,27$	0,60	$y = 0,74x - 0,41$	0,59	$y = 0,91x - 0,56$	0,66
Évora	$y = 0,97x - 0,36$	0,70	$y = 1,02x + 0,01$	0,69	$y = 0,97x - 0,42$	0,71
Elvas	$y = 1,00x - 0,49$	0,68	$y = 0,78x - 0,20$	0,58	$y = 0,98x - 0,36$	0,67
Alvalade	$y = 0,93x - 0,19$	0,63	$y = 0,84x + 0,29$	0,55	$y = 0,97x - 0,15$	0,64
Beja	$y = 1,01x - 0,02$	0,67	$y = 0,77x - 0,18$	0,61	$y = 1,00x - 0,07$	0,68
Amareleja	$y = 0,92x - 0,45$	0,65	$y = 0,90x - 0,01$	0,62	$y = 0,97x - 0,46$	0,66
Sagres	$y = 0,86x - 0,08$	0,63	$y = 0,91x - 0,03$	0,71	$y = 0,90x + 0,04$	0,61
Faro	$y = 0,95x - 0,34$	0,68	$y = 1,01x - 0,32$	0,58	$y = 1,11x - 0,27$	0,68
V.R.S ¹⁰ António	$y = 0,86x - 0,27$	0,52	$y = 0,83x + 0,31$	0,49	$y = 0,90x - 0,22$	0,57

Tabela D.13. Número de secas e características médias das secas identificadas pelo SPI -9 meses, por localidade, no período 1941-2006; Intens - intensidade; t_c – tempo de confirmação.

Estação	Nº secas	Duração	Intens	t _c	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Alvalade	18	17	-0,92	3,7	22,7	8,2	5,6	2,7
Alcácer do Sal	22	15	-0,82	3,6	27,7	8,0	3,1	2,4
Alvega	21	14	-0,90	3,7	22,4	8,3	4,1	2,6
Amareleja	18	16	-0,92	3,3	22,3	6,8	4,8	2,6
Beja	20	14	-0,90	3,1	20,3	7,8	4,7	3,1
Braga	21	16	-0,86	4,9	26,3	11,6	4,7	0,5
Bragança	16	17	-0,96	3,7	19,8	9,6	4,7	1,5
Coimbra	21	16	-0,82	4,3	26,1	10,2	3,4	2,3
Elvas	17	18	-0,97	2,3	21,7	10,8	3,7	2,0
Évora	20	18	-0,87	4,6	27,9	11,1	4,5	1,4
Faro	18	15	-0,96	3,7	18,8	9,2	3,8	2,6
Lisboa	23	13	-0,92	3,3	21,2	9,9	5,1	1,8
Miranda do Douro	18	18	-0,88	4,5	25,9	9,7	4,5	1,8
Mirandela	19	17	-0,83	4,5	24,0	10,8	3,8	1,9
Montalegre	21	16	-0,85	4,4	24,6	10,3	5,1	1,3
Mora	23	14	-0,80	3,1	25,1	9,8	3,2	2,9
Penhas Douradas	24	14	-0,86	3,2	24,0	12,0	4,5	1,8
Pinhão	18	17	-0,87	3,3	25,3	9,6	3,8	1,0
Portalegre	22	15	-0,88	3,4	24,2	11,4	4,6	1,7
Porto	18	17	-0,89	3,8	22,4	11,9	3,4	1,5
Régua	21	16	-0,83	5,3	27,6	10,7	4,3	0,8
Setúbal	16	17	-0,94	4,1	20,5	7,1	4,5	2,0
Viseu	17	17	-0,91	3,8	20,8	10,1	4,6	1,9
Vila Real S ¹⁰ Ant ^o	19	15	-0,87	2,9	21,7	8,7	3,6	2,7
Cabo da Roca	19	14	-0,90	4,2	19,8	9,4	3,1	2,2
Cabo Carvoeiro	20	15	-0,85	4,6	26,7	6,5	1,1	3,3
Sagres	22	13	-0,87	2,2	18,1	9,9	3,8	2,2
Média	20	16	-0,88	3,8	23,3	9,6	4,1	2,0

Tabela D.14. Número de secas e características médias das secas identificadas pelo SPI -12 meses, por localidade, no período 1941-2006; *Intens* - intensidade; *t_c* – tempo de confirmação.

Estação	Nº secas	Duração	Intens	Tc	Frequência da categoria de severidade			
					Ligeira	Moderada	Severa	Extrema
Alvalade	16	20	-0,92	4,4	25,9	6,7	6,8	2,4
Alcácer do Sal	16	21	-0,86	5,4	28,8	8,8	1,8	2,7
Alvega	15	20	-0,93	5,8	20,1	10,0	4,7	2,7
Amareleja	13	22	-0,92	5,4	22,0	6,8	4,6	2,8
Beja	14	21	-0,91	5,7	22,9	6,3	4,0	3,6
Braga	15	20	-0,89	5,1	22,8	11,1	4,2	0,6
Bragança	15	20	-0,91	5,7	20,5	10,0	5,0	2,2
Coimbra	15	21	-0,84	6,3	22,0	11,5	3,8	2,3
Elvas	14	23	-0,90	5,4	23,4	10,2	5,4	1,3
Évora	12	26	-0,90	8,4	23,8	10,0	4,9	1,5
Faro	15	21	-0,87	5,6	25,4	7,9	4,6	2,8
Lisboa	15	17	-0,97	4,7	17,5	9,3	4,2	2,4
Miranda do Douro	15	23	-0,89	5,2	26,1	10,8	4,9	1,9
Mirandela	17	20	-0,82	5,4	26,6	12,2	3,7	1,9
Montalegre	15	21	-0,88	5,1	24,3	10,8	3,3	2,0
Mora	14	22	-0,93	5,3	22,4	9,6	4,0	2,6
Penhas Douradas	16	19	-0,89	4,8	22,4	10,2	5,1	1,7
Pinhão	12	23	-0,93	6,7	20,9	9,5	4,6	0,8
Portalegre	19	19	-0,82	4,4	28,4	11,1	3,8	2,0
Porto	12	22	-0,95	6,8	18,8	9,3	4,9	1,4
Régua	17	20	-0,82	7,2	28,4	10,1	4,9	0,5
Setúbal	15	18	-0,92	4,4	19,5	8,5	5,1	2,3
Viseu	14	22	-0,84	4,4	23,4	9,0	5,0	2,0
Vila Real S ^{to} Ant ^o	11	24	-0,95	5,2	19,6	8,5	3,8	2,3
Cabo da Roca	13	21	-0,97	4,6	20,4	8,6	4,0	1,7
Cabo Carvoeiro	16	16	-0,90	3,8	21,0	6,8	2,0	3,5
Sagres	16	19	-0,91	3,8	22,2	9,3	5,4	1,7
Média	15	21	-0,90	5,4	22,9	9,4	4,4	2,1

Tabela D.15. Secas comumente identificadas pelos índices MedPDSI, SPI -9 e SPI-12: data de início e fim da seca, e duração (Dur); a cinzento claro ilustra-se qual dos índices identifica em primeiro lugar a seca, e a cinzento escuro qual o que detecta primeiro o seu término.

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
183	nov 1943	fev 1946	28	out 1943	nov 1945	26	nov 1943	mar 1946	29
	jan 1953	out 1954	22	fev 1953	dez 1954	23	mar 1953	jan 1955	23
	dez 1956	nov 1958	24	nov 1956	nov 1958	25	jan 1957	nov 1958	23
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	dez 1966	jan 1968	14	nov 1966	ago 1968	22	fev 1967	out 1968	21
	abr 1973	jan 1975	22	mar 1973	jul 1974	17	fev 1973	out 1976	45
	jan 1980	out 1983	46	jan 1980	dez 1981	24	fev 1980	out 1982	33
	dez 1991	jul 1993	20	nov 1991	set 1993	23	nov 1991	out 1993	24
	abr 1994	out 1995	19	mar 1994	nov 1995	21	mai 1994	dez 1995	20
	nov 1998	mar 2000	17	ago 1998	set 1999	14	nov 1998	abr 2000	18
	dez 2001	jul 2006	56	nov 2001	out 2002	12	dez 2001	jan 2003	14
174	dez 1943	fev 1946	27	dez 1943	abr 1946	29	jan 1944	abr 1946	28
	set 1948	ago 1949	12	nov 1948	out 1949	12	out 1948	out 1951	37
	dez 1952	dez 1954	25	fev 1953	nov 1953	10	abr 1953	out 1955	31
	nov 1956	nov 1958	25	dez 1956	nov 1958	24	jan 1957	nov 1958	23
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	jan 1967	jan 1968	13	nov 1966	jun 1968	20	fev 1967	mar 1968	14
	set 1974	jan 1975	5	set 1974	ago 1975	12	mai 1974	nov 1976	31
	dez 1979	jun 1982	31	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	jan 1982	24
	jan 1983	out 1983	10	set 1982	out 1983	14	dez 1982	nov 1983	12
	out 1985	jul 1987	22	out 1985	set 1987	24	jan 1986	nov 1987	23
	jul 1991	jul 1993	25	nov 1991	nov 1992	14	out 1991	set 1993	24
	set 1994	out 1995	14	nov 1994	nov 1995	13	out 1994	nov 1995	14
	out 1998	jun 1999	9	set 1998	ago 1999	12	nov 1998	out 1999	12
	nov 2001	jul 2002	9	nov 2001	ago 2002	10	jan 2002	out 2002	10
	jan 2004	mai 2006	29	jan 2004	fev 2006	26	jan 2004	mai 2006	29
212	nov 1944	mar 1946	17	dez 1944	abr 1946	17	set 1944	abr 1946	20
	set 1948	abr 1950	20	out 1948	abr 1950	19	set 1948	abr 1950	20
	dez 1952	dez 1954	25	jan 1953	fev 1954	14	fev 1953	jan 1955	24
	jan 1957	nov 1958	23	out 1957	dez 1958	15	ago 1957	nov 1958	16
	out 1964	ago 1965	11	out 1964	set 1965	12	nov 1964	set 1965	11
	set 1967	jan 1968	5	jul 1967	ago 1968	14	set 1967	out 1968	14
	dez 1973	jul 1976	32	mar 1974	ago 1975	18	set 1973	out 1976	38
	fev 1980	out 1983	45	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	dez 1981	23
	jun 1991	abr 1993	23	mai 1991	jul 1993	27	abr 1991	set 1993	30
	nov 1994	out 1995	12	jun 1994	nov 1995	18	ago 1994	dez 1995	17
	mar 1998	mar 2000	25	set 1998	set 1999	13	nov 1998	abr 2000	18
	mar 2004	mai 2006	27	mar 2004	set 2006	31	jan 2004	ago 2006	32
250	out 1941	fev 1942	5	dez 1941	set 1942	10	jan 1942	set 1942	9
	nov 1943	mai 1944	7	out 1943	dez 1945	27	nov 1943	abr 1946	30
	jul 1948	out 1951	40	nov 1948	out 1949	13	out 1948	jan 1950	16
	jun 1954	dez 1954	7	mai 1954	jan 1955	9	abr 1954	set 1955	18
	dez 1956	nov 1958	24	dez 1956	set 1957	10	mar 1957	nov 1958	21
	jul 1974	mai 1976	23	set 1974	ago 1975	12	mai 1974	set 1976	29
	jan 1980	jun 1982	30	jan 1980	jul 1982	31	mar 1980	ago 1982	30
	jan 1983	out 1983	10	jan 1983	out 1983	10	dez 1982	dez 1983	13
	set 1990	abr 1993	32	set 1990	set 1993	37	dez 1990	out 1993	35
	mar 1994	out 1995	20	mar 1994	nov 1995	21	mai 1994	nov 1995	19
	mar 1998	nov 2000	33	ago 1998	set 1999	14	nov 1998	nov 2000	26
	nov 2004	jun 2006	20	jul 2004	set 2006	27	out 2004	set 2006	24
562	dez 1943	fev 1946	27	dez 1943	fev 1946	27	dez 1943	abr 1946	29
	nov 1948	out 1951	36	nov 1948	out 1949	12	jan 1949	jan 1950	13
	fev 1953	dez 1954	23	mar 1953	nov 1953	9	mai 1953	fev 1955	22
	ago 1964	ago 1965	13	nov 1964	ago 1965	10	dez 1964	set 1965	10
	dez 1966	out 1968	23	nov 1966	set 1967	11	dez 1966	fev 1968	15

Tabela D.15. (continuação).

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
	nov 1973	jan 1975	15	fev 1973	jun 1975	29	fev 1973	nov 1975	34
	out 1980	out 1983	37	jul 1980	jul 1982	25	out 1980	out 1982	26
	out 1985	jun 1987	21	out 1985	ago 1986	11	nov 1985	out 1987	24
	jun 1991	abr 1993	23	nov 1991	nov 1992	13	abr 1991	abr 1993	25
	abr 1994	out 1995	19	jun 1994	nov 1995	18	mai 1994	dez 1995	20
	nov 1998	jul 1999	9	out 1998	ago 1999	11	nov 1998	nov 1999	13
	abr 2004	jul 2006	28	abr 2004	set 2006	30	mar 2004	set 2006	31
23	abr 1943	fev 1946	35	mar 1943	nov 1945	33	abr 1943	fev 1946	35
	abr 1948	jan 1950	22	out 1948	jan 1950	17	jan 1949	abr 1950	16
	jan 1952	mai 1954	29	dez 1951	out 1952	11	fev 1952	dez 1954	35
	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	out 1965	12
	jan 1967	jan 1968	13	jan 1967	ago 1968	20	abr 1967	nov 1968	20
	out 1970	mar 1971	6	out 1970	ago 1971	12	dez 1970	fev 1972	15
	out 1974	jul 1976	22	mar 1975	out 1976	20	jan 1975	dez 1976	24
	dez 1979	mar 1983	40	dez 1979	set 1981	22	fev 1980	dez 1981	23
	dez 1988	mar 1993	52	dez 1988	nov 1989	12	dez 1988	dez 1989	13
	dez 1998	mar 1999	4	ago 1998	set 1999	14	nov 1998	nov 1999	13
	dez 2001	ago 2002	9	dez 2001	out 2002	12	mar 2002	nov 2002	10
	set 2003	jul 2004	11	set 2003	set 2006	37	dez 2003	out 2006	35
575	jan 1944	out 1945	22	dez 1943	nov 1945	24	jan 1944	fev 1946	26
	jan 1953	dez 1954	24	jan 1953	jan 1955	25	fev 1952	jan 1955	36
	nov 1956	fev 1958	16	dez 1956	jun 1958	19	jan 1957	nov 1958	23
	mai 1964	ago 1965	16	nov 1964	out 1965	12	nov 1964	nov 1965	13
	jan 1967	out 1968	22	jan 1967	set 1968	21	fev 1967	nov 1968	22
	mar 1970	dez 1970	10	set 1970	mai 1971	9	abr 1970	mai 1971	14
	jan 1980	ago 1982	32	dez 1979	nov 1981	24	mar 1980	dez 1981	22
	dez 1988	out 1989	11	jan 1989	out 1989	10	jan 1989	nov 1989	11
	mai 1991	mar 1993	23	abr 1991	set 1993	30	dez 1990	set 1993	34
	out 1998	jul 1999	10	ago 1998	ago 1999	13	nov 1998	mar 2000	17
	jun 2001	ago 2002	15	nov 2001	out 2002	12	jan 2002	nov 2002	11
	fev 2004	set 2006	32	jan 2004	set 2006	33	jan 2004	dez 2006	36
107	abr 1943	fev 1946	35	mai 1943	nov 1945	31	jun 1943	mar 1946	34
	mai 1947	dez 1950	44	nov 1947	fev 1951	40	fev 1948	fev 1951	37
	nov 1952	dez 1954	26	dez 1952	fev 1954	15	fev 1952	jan 1955	36
	dez 1956	nov 1958	24	jan 1957	jun 1958	18	abr 1957	set 1958	18
	jul 1964	ago 1965	14	nov 1964	set 1965	11	nov 1964	out 1965	12
	out 1967	jan 1968	4	jul 1967	set 1968	15	ago 1967	nov 1968	16
	ago 1975	jul 1976	12	nov 1975	set 1976	11	abr 1975	nov 1976	20
	fev 1980	mar 1983	38	abr 1980	nov 1981	20	mar 1980	jan 1982	23
	nov 1988	out 1989	12	nov 1988	out 1989	12	dez 1988	nov 1989	12
	mai 1991	mar 1993	23	jul 1991	ago 1993	26	out 1991	set 1993	24
	dez 1994	out 1995	11	jul 1994	dez 1995	18	out 1994	dez 1995	15
	nov 1998	ago 1999	10	jan 1999	set 1999	9	dez 1998	mar 2000	16
	nov 2001	ago 2002	10	dez 2001	set 2002	11	fev 2002	out 2002	9
	mar 2004	jul 2004	5	abr 2004	set 2006	30	fev 2004	set 2006	32
235	jan 1944	fev 1946	26	jan 1944	nov 1945	23	fev 1944	abr 1946	27
	ago 1948	out 1951	39	out 1948	ago 1949	11	nov 1948	jan 1950	15
	jan 1953	out 1955	34	fev 1953	jan 1955	24	mar 1953	jan 1955	23
	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	ago 1965	10	fev 1965	set 1965	8
	out 1970	mar 1971	6	out 1970	dez 1970	4	jan 1971	fev 1972	14
	out 1971	ago 1972	11	out 1971	ago 1972	11	abr 1972	out 1972	7
	out 1973	jun 1976	33	jul 1973	ago 1975	26	set 1973	out 1976	38
	jan 1980	out 1983	46	abr 1980	nov 1981	20	fev 1980	jan 1982	24
	out 1985	jun 1987	21	out 1985	ago 1987	23	nov 1985	out 1987	24
	jul 1991	out 1995	52	jul 1991	set 1993	27	set 1991	dez 1995	52
	out 1998	out 2000	25	set 1998	out 2000	26	nov 1998	nov 2000	25

Tabela D.15. (continuação).

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
	dez 2001	mai 2006	54	dez 2001	jan 2003	15	jan 2002	jan 2003	13
557	dez 1943	fev 1946	27	jan 1944	set 1944	9	fev 1944	abr 1946	27
	set 1948	ago 1949	12	out 1948	out 1949	13	jan 1949	jan 1950	13
	fev 1953	out 1954	21	fev 1953	jan 1955	24	mai 1953	jan 1955	21
	nov 1956	nov 1958	25	dez 1956	nov 1958	24	mar 1957	nov 1958	21
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	out 1967	jan 1968	4	nov 1966	jan 1968	15	jan 1967	fev 1968	14
	abr 1973	jul 1976	40	mar 1973	ago 1975	30	fev 1973	nov 1976	46
	jan 1980	out 1983	46	jan 1980	jul 1982	31	fev 1980	fev 1984	49
	abr 1991	out 1995	55	jan 1991	set 1993	33	dez 1990	out 1993	35
	nov 1998	mar 2000	17	set 1998	set 1999	13	nov 1998	nov 2000	25
	jul 2003	jul 2006	37	ago 2003	set 2006	38	dez 2003	set 2006	34
554	dez 1943	fev 1946	27	dez 1943	jun 1946	31	nov 1943	jan 1947	39
	out 1950	dez 1951	15	set 1950	jan 1952	17	nov 1950	jan 1952	15
	nov 1952	dez 1954	26	nov 1952	nov 1953	13	fev 1953	nov 1953	10
	dez 1956	nov 1958	24	dez 1956	out 1957	11	jan 1957	nov 1958	23
	dez 1966	set 1967	10	jul 1966	out 1967	16	out 1966	jan 1968	16
	mar 1973	nov 1975	33	abr 1973	jul 1975	28	mar 1973	nov 1975	33
	dez 1979	dez 1984	61	nov 1980	jul 1982	21	jan 1980	nov 1983	47
	set 1985	jun 1987	22	out 1985	ago 1986	11	nov 1985	set 1987	23
	nov 1991	nov 1992	13	nov 1991	nov 1992	13	out 1991	nov 1992	14
	mar 1994	out 1995	20	fev 1994	nov 1995	22	mar 1994	nov 1995	21
	nov 1998	mar 2000	17	out 1998	set 1999	12	nov 1998	jan 2001	27
	nov 2004	set 2005	11	jul 2004	nov 2005	17	out 2004	mar 2006	18
535	nov 1943	fev 1946	28	out 1943	dez 1945	27	nov 1943	mar 1946	29
	jun 1947	nov 1950	42	out 1948	dez 1950	27	out 1948	fev 1951	29
	nov 1952	dez 1954	26	dez 1952	nov 1953	12	mar 1953	fev 1954	12
	jul 1964	ago 1965	14	nov 1964	ago 1965	11	dez 1964	set 1965	10
	dez 1966	jan 1968	14	nov 1966	ago 1968	22	jan 1967	set 1968	21
	dez 1980	jul 1982	20	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	jan 1982	24
	dez 1982	out 1983	11	set 1982	out 1983	14	dez 1982	dez 1983	13
	jun 1991	abr 1993	23	nov 1991	set 1993	23	out 1991	out 1993	25
	nov 1998	jul 1999	9	set 1998	ago 1999	12	nov 1998	set 1999	11
	jan 2000	mar 2000	3	jun 2000	out 2000	5	set 2000	nov 2000	3
	dez 2001	ago 2002	9	dez 2001	out 2002	11	jan 2002	nov 2002	11
	dez 2004	ago 2006	21	jul 2004	fev 2006	20	nov 2004	ago 2006	22
35	mai 1943	nov 1945	31	mai 1943	nov 1945	31	nov 1943	mar 1946	29
	nov 1948	out 1951	36	out 1948	ago 1951	35	jan 1949	out 1951	34
	jan 1953	dez 1954	24	fev 1953	jan 1955	24	mar 1953	jan 1955	23
	nov 1956	nov 1958	25	dez 1956	jun 1958	19	dez 1956	nov 1958	24
	out 1964	ago 1965	11	ago 1964	set 1965	14	nov 1964	nov 1965	13
	jan 1967	out 1968	22	jan 1967	ago 1968	20	fev 1967	nov 1968	22
	abr 1970	fev 1971	11	ago 1970	mai 1971	10	set 1970	jun 1971	10
	out 1971	set 1973	24	jan 1972	ago 1972	8	abr 1972	fev 1974	23
	out 1974	jul 1976	22	out 1974	nov 1976	26	out 1974	dez 1976	27
	jan 1980	mar 1983	39	dez 1979	nov 1981	24	jun 1980	jun 1983	37
	dez 1988	out 1989	11	mar 1989	out 1989	8	jun 1989	nov 1989	6
	jun 1991	abr 1993	23	mai 1991	ago 1993	28	abr 1991	ago 1993	29
	nov 1998	set 2000	23	jan 1999	set 1999	9	dez 1998	nov 2000	24
	dez 2001	ago 2002	9	dez 2001	out 2002	12	jan 2002	out 2002	10
	fev 2004	jul 2006	30	jan 2004	mar 2006	27	fev 2004	jul 2006	30
32	out 1941	dez 1942	15	out 1941	set 1942	12	jan 1942	dez 1942	12
	dez 1943	fev 1946	27	out 1943	mar 1946	30	dez 1943	abr 1946	29
	jan 1953	jan 1955	25	dez 1952	mai 1955	30	set 1952	jun 1955	34
	nov 1956	dez 1957	14	jan 1957	mai 1958	17	mar 1957	set 1958	19
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	nov 1965	12

Tabela D.15. (continuação).

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
	jan 1967	jan 1968	13	jan 1967	ago 1968	20	abr 1967	out 1968	19
	set 1970	fev 1971	6	jun 1970	mai 1971	12	set 1970	mai 1971	9
	nov 1975	jun 1976	8	dez 1974	set 1976	22	jan 1975	nov 1976	23
	set 1980	ago 1982	24	jul 1980	nov 1981	17	out 1980	dez 1981	15
	dez 1982	mar 1983	4	set 1982	jun 1983	10	dez 1982	jun 1983	7
	ago 1985	ago 1986	13	out 1985	jan 1987	16	jan 1986	mai 1987	17
	dez 1988	out 1989	11	fev 1989	out 1989	9	jan 1989	nov 1989	11
	jun 1991	abr 1993	23	mai 1991	jul 1993	27	mai 1991	ago 1993	28
	nov 1998	jul 1999	9	out 1998	ago 1999	11	nov 1998	nov 2000	25
	nov 2001	jul 2002	9	dez 2001	out 2002	12	fev 2002	nov 2002	10
	fev 2004	set 2006	32	jan 2004	set 2006	33	jan 2004	dez 2006	49
11	out 1941	fev 1942	5	out 1941	set 1942	12	dez 1941	dez 1942	13
	abr 1943	ago 1943	5	fev 1943	nov 1945	34	mar 1943	fev 1946	36
	out 1948	abr 1950	19	out 1948	jan 1951	29	jan 1949	fev 1951	27
	fev 1953	dez 1954	23	fev 1953	out 1954	21	out 1952	dez 1954	27
	nov 1956	jan 1958	15	dez 1956	fev 1958	15	mar 1957	mai 1958	15
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	out 1965	12	nov 1964	nov 1965	13
	dez 1966	jan 1968	14	mar 1967	ago 1968	18	abr 1967	nov 1968	20
	nov 1971	abr 1973	18	out 1970	ago 1971	12	set 1970	jan 1974	41
	out 1974	jul 1976	22	out 1974	nov 1976	26	jan 1975	dez 1976	24
	fev 1980	mar 1983	38	jan 1980	set 1981	21	abr 1980	dez 1981	21
	dez 1988	out 1989	11	nov 1988	nov 1989	13	dez 1988	nov 1989	12
	abr 1990	mar 1993	36	set 1990	fev 1991	7	dez 1990	set 1993	35
	nov 1998	mar 1999	5	set 1998	ago 1999	12	nov 1998	set 1999	11
	jun 2003	jul 2004	14	jan 2004	set 2004	9	nov 2004	set 2006	23
226	dez 1943	out 1945	23	dez 1943	nov 1945	24	jan 1944	fev 1946	26
	nov 1948	ago 1949	10	jan 1949	nov 1949	11	jan 1949	fev 1950	14
	dez 1952	dez 1954	25	fev 1953	jan 1955	24	mar 1953	jan 1955	23
	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	set 1965	11	fev 1965	set 1965	8
	abr 1973	mar 1976	36	set 1973	dez 1973	4	out 1973	set 1976	36
	jan 1980	out 1983	46	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	dez 1981	23
	dez 1988	set 1989	10	jan 1989	set 1989	9	dez 1988	out 1989	11
	mar 1990	out 1995	68	ago 1990	fev 1991	7	dez 1990	jan 1994	38
	ago 1998	jul 2006	138	ago 1998	set 1999	14	nov 1998	dez 2000	26
568	jan 1944	mai 1944	5	out 1943	nov 1944	14	jan 1944	fev 1946	26
	jul 1948	ago 1949	14	out 1948	jan 1950	16	jan 1949	abr 1950	16
	jan 1953	dez 1954	24	jan 1953	nov 1953	11	nov 1952	jul 1954	21
	nov 1956	jan 1957	3	dez 1956	ago 1958	21	dez 1956	nov 1958	24
	fev 1973	abr 1973	3	jul 1973	mai 1974	11	out 1973	mar 1974	6
	set 1974	jun 1976	22	out 1974	nov 1976	26	out 1974	dez 1976	27
	jul 1979	nov 1981	29	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	dez 1981	23
	fev 1982	mar 1983	14	set 1982	out 1983	15	dez 1982	dez 1983	14
	mai 1986	jun 1987	14	ago 1986	set 1987	14	fev 1986	dez 1987	23
	nov 1988	out 1989	12	dez 1988	out 1989	11	dez 1988	nov 1989	12
	fev 1990	jan 1991	12	ago 1990	fev 1991	7	dez 1990	out 1993	36
	dez 1993	nov 1995	24	jul 1994	dez 1995	18	out 1994	dez 1995	15
	nov 1998	jun 1999	8	nov 1998	set 1999	11	nov 1998	abr 2000	18
	mai 2001	jul 2002	15	nov 2001	set 2002	11	jan 2002	nov 2002	11
	fev 2004	ago 2006	31	jan 2004	set 2006	33	jan 2004	out 2006	34
55	out 1941	jun 1943	21	dez 1941	dez 1942	13	fev 1942	dez 1942	11
	jan 1944	fev 1946	26	mar 1944	fev 1946	24	jan 1944	mar 1946	27
	set 1948	jan 1951	29	out 1948	fev 1951	30	jan 1949	fev 1951	27
	jan 1953	out 1955	34	jan 1953	jan 1955	25	fev 1952	jan 1955	36
	nov 1956	nov 1958	25	dez 1956	nov 1958	24	dez 1956	nov 1958	24
	set 1964	ago 1965	12	ago 1964	ago 1965	13	nov 1964	out 1965	12
	dez 1966	out 1968	23	jan 1967	nov 1968	23	abr 1967	nov 1968	20

Tabela D.15. (continuação).

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
	ago 1980	mai 1982	22	jul 1980	nov 1981	17	fev 1980	abr 1983	39
	nov 1988	mai 1989	7	jan 1989	out 1989	10	out 1988	nov 1989	14
	jul 1991	mar 1993	21	jun 1991	ago 1993	27	jun 1991	ago 1993	27
	jun 2001	ago 2002	15	dez 2001	out 2002	12	mar 2002	nov 2002	10
	fev 2004	jul 2004	6	dez 2003	set 2006	34	jan 2004	out 2006	34
571	jun 1943	fev 1946	33	nov 1943	out 1944	12	jan 1944	jan 1947	37
	set 1948	ago 1949	12	out 1948	out 1949	13	jan 1949	out 1949	10
	nov 1952	dez 1954	26	jan 1953	nov 1953	11	mar 1953	fev 1954	12
	nov 1957	nov 1958	13	nov 1957	dez 1958	14	fev 1958	dez 1958	11
	mai 1964	ago 1965	16	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	abr 1967	out 1968	19	jul 1967	set 1968	15	abr 1967	dez 1968	21
	nov 1980	out 1983	36	jul 1980	nov 1981	17	out 1980	dez 1983	39
	set 1985	jun 1987	22	out 1985	ago 1987	23	jan 1986	nov 1987	23
	mai 1991	mar 1993	23	jun 1991	set 1993	28	ago 1991	out 1993	27
	dez 1994	nov 1995	12	fev 1995	nov 1995	10	out 1994	dez 1995	15
	jul 2001	ago 2002	14	dez 2001	out 2002	12	jan 2002	nov 2002	11
	mar 2004	ago 2006	30	jul 2004	set 2006	27	mar 2004	set 2006	31
546	mar 1943	fev 1946	36	mar 1943	abr 1946	38	mai 1943	mai 1946	37
	ago 1947	dez 1950	41	dez 1947	jan 1951	39	mar 1948	jan 1951	35
	out 1951	fev 1952	5	dez 1951	jan 1955	38	fev 1952	dez 1954	35
	abr 1957	mai 1958	14	abr 1957	jul 1958	16	mai 1957	dez 1958	20
	mai 1964	ago 1965	16	nov 1964	set 1965	11	dez 1964	out 1965	11
	mai 1975	jul 1976	15	mar 1975	set 1976	19	jun 1975	nov 1976	18
	dez 1980	fev 1981	3	dez 1980	set 1981	10	fev 1980	nov 1981	22
	mai 1991	mar 1993	23	jul 1991	set 1993	27	out 1991	out 1993	25
	fev 2004	jul 2004	6	jul 2004	set 2006	27	nov 2004	out 2006	24
52	out 1941	fev 1942	5	dez 1941	set 1942	10	fev 1942	dez 1942	11
	fev 1944	fev 1946	25	jan 1944	nov 1945	23	jan 1944	mar 1946	27
	abr 1948	dez 1950	33	out 1948	jan 1951	29	jan 1949	jan 1951	26
	fev 1953	out 1954	21	jan 1953	out 1954	22	nov 1952	dez 1954	26
	nov 1956	fev 1958	16	dez 1956	mai 1958	18	abr 1957	mai 1958	14
	out 1964	ago 1965	11	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	out 1965	12
	jul 1967	ago 1968	14	mar 1967	set 1968	19	jun 1967	nov 1968	18
	abr 1970	fev 1971	11	out 1970	mai 1971	9	set 1970	jun 1971	10
	out 1974	jun 1976	21	out 1974	set 1976	24	jan 1975	nov 1976	23
	ago 1979	nov 1981	28	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	dez 1981	23
	mar 1982	mar 1983	13	fev 1982	mar 1983	14	mar 1982	abr 1983	14
	dez 1988	mar 1993	52	nov 1988	nov 1989	13	out 1988	dez 1989	15
	nov 1998	mar 2000	17	out 1998	nov 1999	14	dez 1998	nov 2000	24
	ago 2001	jul 2002	12	dez 2001	out 2002	12	jan 2002	nov 2002	11
	fev 2004	jul 2006	30	dez 2003	set 2006	34	jan 2004	out 2006	34
170	out 1941	fev 1942	5	nov 1941	jun 1942	8	jan 1942	set 1942	9
	nov 1943	out 1945	24	nov 1943	nov 1945	25	dez 1943	mar 1946	28
	set 1948	abr 1950	20	out 1948	jul 1951	34	jan 1949	out 1951	34
	ago 1954	dez 1954	5	set 1954	jan 1955	5	nov 1954	jan 1955	3
	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	ago 1965	10	dez 1964	out 1965	11
	jan 1967	out 1968	22	dez 1966	ago 1968	21	jan 1967	out 1968	22
	mar 1974	jul 1976	29	fev 1974	jul 1975	18	dez 1973	dez 1976	37
	dez 1980	out 1983	35	dez 1979	nov 1981	24	fev 1980	dez 1981	23
	jun 1991	mar 1993	22	jul 1991	set 1993	27	out 1991	set 1993	24
	set 1994	out 1995	14	jul 1994	nov 1995	17	out 1994	nov 1995	14
	ago 1998	jul 1999	12	set 1998	ago 1999	12	nov 1998	out 1999	12
	abr 2004	mai 2006	26	jun 2004	fev 2006	21	abr 2004	ago 2006	29
75	out 1941	fev 1942	5	nov 1941	set 1942	11	jan 1942	dez 1942	12
	fev 1945	out 1945	9	jan 1945	nov 1945	11	set 1944	fev 1946	18
	jul 1947	jan 1951	43	out 1948	fev 1951	30	jan 1949	fev 1951	26

Tabela D.15. (continuação).

Posto	MedPDSI			SPI - 9			SPI - 12		
	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur	Início	Fim	Dur
	fev 1953	out 1955	33	fev 1953	jan 1955	24	jan 1953	jan 1955	25
	nov 1964	ago 1965	10	nov 1964	ago 1965	10	fev 1965	out 1965	9
	jul 1975	jul 1976	13	out 1974	set 1976	24	jan 1975	dez 1976	24
	abr 1980	nov 1981	20	jul 1980	set 1981	15	mar 1980	dez 1981	22
	jan 1989	out 1989	10	jan 1989	out 1989	10	jan 1989	nov 1989	11
	abr 1990	abr 1993	37	ago 1990	set 1993	38	nov 1990	jan 1994	39
	nov 1994	set 1997	35	jun 1994	dez 1995	19	set 1994	dez 1995	16
	nov 1998	jul 1999	9	ago 1998	set 1999	14	nov 1998	nov 2000	25
	nov 2001	jan 2006	51	nov 2001	dez 2002	14	jan 2002	set 2006	57
266	nov 1943	out 1945	24	dez 1943	nov 1945	24	nov 1943	mar 1946	29
	nov 1950	jan 1952	15	out 1950	jan 1952	16	dez 1950	fev 1952	15
	set 1953	dez 1954	16	nov 1953	fev 1955	16	jan 1954	abr 1955	16
	jan 1957	dez 1959	36	nov 1956	nov 1958	25	out 1956	nov 1958	26
	abr 1973	jul 1976	40	jun 1973	jul 1975	26	mar 1973	out 1976	44
	dez 1979	set 1983	46	nov 1979	mai 1980	7	jan 1980	out 1983	46
	out 1990	mar 1993	30	set 1990	set 1991	14	dez 1990	abr 1993	30
	mar 1994	out 1995	20	fev 1994	out 1995	21	mar 1994	nov 1995	21
	nov 1998	nov 2000	25	ago 1998	ago 1999	13	nov 1998	abr 2000	18
	jan 2005	set 2005	9	nov 2004	dez 2005	14	dez 2004	jul 2006	20
150	dez 1943	out 1945	23	out 1943	nov 1945	26	nov 1943	fev 1946	28
	ago 1948	ago 1949	13	nov 1947	ago 1949	22	fev 1948	out 1949	21
	dez 1956	nov 1958	24	dez 1956	dez 1958	25	nov 1956	fev 1959	28
	out 1964	ago 1965	11	set 1964	set 1965	13	out 1964	set 1965	12
	out 1970	mar 1971	6	out 1970	jun 1971	9	nov 1970	jan 1972	15
	nov 1980	mar 1981	5	nov 1980	set 1981	11	out 1980	out 1983	37
	mai 1991	ago 1993	28	nov 1991	set 1993	23	abr 1991	out 1993	31
	nov 1994	ago 1995	10	jul 1994	out 1995	16	out 1994	nov 1995	14
	nov 1998	ago 1999	10	set 1998	set 1999	13	nov 1998	mar 2000	17
	dez 2004	set 2005	10	jul 2004	set 2005	15	out 2004	out 2005	13
530	mai 1943	fev 1946	34	set 1943	nov 1945	27	dez 1943	fev 1946	27
	jul 1947	ago 1949	26	nov 1947	out 1949	24	fev 1948	dez 1949	23
	jan 1953	fev 1954	14	dez 1952	nov 1953	12	nov 1952	fev 1954	16
	out 1954	out 1955	13	set 1954	dez 1955	16	set 1954	nov 1955	15
	dez 1980	nov 1981	12	mar 1980	set 1981	19	mar 1980	dez 1981	22
	jan 2005	mai 2006	17	jul 2004	set 2006	27	out 2004	set 2006	24
538	dez 1943	out 1945	23	nov 1943	out 1945	24	nov 1943	mar 1946	29
	fev 1949	ago 1949	7	fev 1949	out 1949	9	jan 1949	out 1949	10
	mar 1950	out 1951	20	set 1950	jun 1951	10	nov 1950	fev 1951	4
	dez 1956	nov 1958	24	dez 1956	fev 1959	27	jan 1957	abr 1959	28
	fev 1961	dez 1962	23	dez 1960	out 1961	11	fev 1961	jan 1963	24
	nov 1964	ago 1965	10	out 1964	set 1965	12	dez 1964	dez 1965	13
	dez 1967	out 1968	11	out 1966	ago 1967	11	out 1966	dez 1968	27
	dez 1980	set 1983	34	dez 1980	jul 1982	20	out 1980	out 1983	37
	set 1985	ago 1986	12	out 1985	jul 1986	10	mar 1985	dez 1986	22
	out 1991	nov 1992	14	nov 1991	abr 1993	19	dez 1991	abr 1993	17
	mar 1994	out 1995	20	fev 1994	nov 1995	22	mar 1994	dez 1995	22
	nov 1998	fev 2002	40	out 1998	set 1999	12	nov 1998	nov 2000	25
	abr 2004	set 2005	18	jul 2004	out 2005	16	out 2004	dez 2005	15